



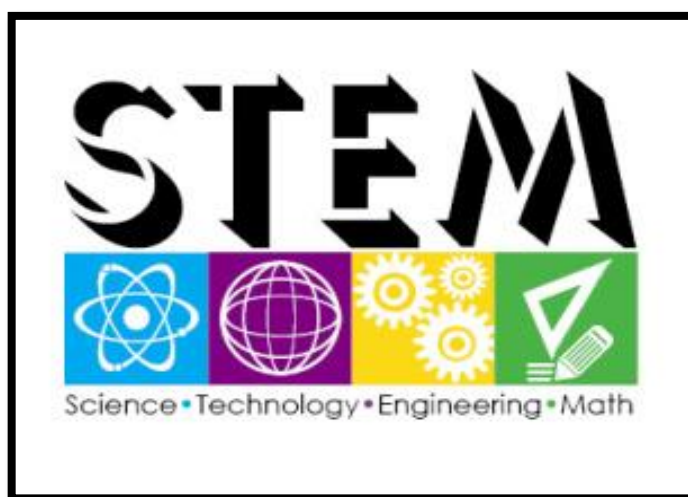
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**Χρήση Λογισμικών Προγραμματισμού για τη
Διδασκαλία STEM στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση**



Καραγκούνη Αικατερίνη

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων

Ζυγούρης Νικόλαος

Λαμία, 2021



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE

Use of Programming Software for STEM Teaching in Secondary Education

Karagouni Aikaterini

Master thesis

Zygouris Nikolaos

Lamia, 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

**«Πληροφορική και Τεχνολογίες Πληροφορίας και
Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.) στην Εκπαίδευση»**

**Χρήση Λογισμικών Προγραμματισμού για τη
Διδασκαλία STEM στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση**

Καραγκούνη Αικατερίνη

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων

Ζυγούρης Νικόλαος

Λαμία, 2021

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «Χρήση Λογισμικών Προγραμματισμού για τη Διδασκαλία STEM στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση» αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Η ΔΗΛΟΥΣΑ

1/07/2021

Καραγκούνη Αικατερίνη

**Χρήση Λογισμικών Προγραμματισμού για τη
Διδασκαλία STEM στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση**

Καραγκούνη Αικατερίνη

Τριμελής Επιτροπή:

Δρ. Νικόλαος Ζυγούρης, Επίκουρος Καθηγητής Νευροψυχολογίας

Δρ. Αντώνιος Δαδαλιάρης, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής και
Τηλεπικοινωνιών

Δρ. Γεώργιος Δημητρίου, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Πληροφορικής και
Τηλεπικοινωνιών

Περιεχόμενα

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	10
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
Περίληψη.....	12
Εισαγωγή	15
Κεφάλαιο 1. Εννοιολογική προσέγγιση και ιστορική αναδρομή STEM.....	16
1.1. Έννοια του όρου STEM	16
1.2 Ακρωνύμιο STEM	18
1.3. Ιστορική αναδρομή του STEM	
1.3.1 Ιστορία του STEM στις Η.Π.Α.	23
1.3.2. Ιστορία του STEM στην Ευρώπη	28
1.3.3 Ιστορία STEM στην Ελλάδα	29
1.4. Η έννοια και η εξέλιξη της διεπιστημονικότητας	30
1.4.1. STEM και διεπιστημονικότητα	31
Κεφάλαιο 2. Ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM.....	32
2.1 Στόχοι εκπαίδευσης STEM.....	34
2.1.2. Βασικά χαρακτηριστικά τάξης STEM.....	35

2.2. Τρόποι ολοκλήρωσης του STEM στην εκπαίδευση	35
2.3. STEM στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση και λόγοι για τους οποίους είναι απαραίτητη η ένταξη του στην εκπαιδευτική διαδικασία.....	38
2.5. Ρόλος Εκπαιδευτικού.....	39
2.6. Πλεονεκτήματα μεθοδολογίας STEM	41
2.7. Προβληματισμοί σχετικά με την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM.....	43
Κεφάλαιο 3. STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics).....	45
3.1 Η μεθοδολογία STEAM και η έννοια της «Τέχνης»	45
3.1.2 Ευρύτερη οριοθέτηση της «Τέχνης».....	46
3.1.3. Προϋποθέσεις ανάπτυξης και εφαρμογής ενός προγράμματος STEAM	48
3.1.4. Πλεονεκτήματα ενσωμάτωσης μεθοδολογίας STEAM στη διδακτική πράξη	50
Κεφάλαιο 4. Υπολογιστική Σκέψη (<i>Computational Thinking</i>)	50
4.1 Ιστορική αναδρομή του όρου Υπολογιστική Σκέψη	51
4.2. Ορισμοί Υπολογιστικής Σκέψης	52
4.3. Διαστάσεις Υπολογιστικής Σκέψης	54
4.4. Επιστημονικοί τομείς που επηρεάζονται από την υπολογιστική σκέψη	57
Κεφάλαιο 5. Θεωρίες Μάθησης και Σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις που ενσωματώνονται στη μεθοδολογία του STEM.....	58
5.1 Εποικοδομισμός (constuctivism).....	58
5.2 Μέθοδοι διδασκαλίας που σχετίζονται με το STEM.....	61
5.2.1. Ανακαλυπτική μάθηση του Bruner	62
5.2.2. Επίλυση Προβλήματος (<i>Problem-Based Learning</i>)	65
5.2.3 Μέθοδος Project και Project Based Learning.....	66
5.2.4. Μέθοδος βασισμένη στη Μηχανική (<i>Engineering-Based Learning</i>).....	69
Κεφάλαιο 6. Πλατφόρμες υλοποίησης και Γλώσσες Προγραμματισμού εφαρμογών STEM.....	70
6.1. Scratch.....	70
6.1.2 Δυνατότητες Scratch.....	72

6.1.3. Είδη δεξιοτήτων που αναπτύσσονται με το Scratch	73
6.2. Arduino	75
6.2.1. Arduino IDE	76
6.2.2. Επίσημες εκδόσεις arduino	77
6.3.3. Μικροελεγκτής Microbit: BBC.....	87
6.3.4. Ο Προγραμματισμός του Micro:bit BBC	89
6.3.4.1. Το προγραμματιστικό περιβάλλον Make Code	90
6.3.5. Εκπαιδευτικό πακέτο Lego Mindstorms EV3	91
6.3.6. Προγραμματισμός του Lego Mindstorms EV3.....	92
Βιβλιογραφία	93

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1 GRAPHIC OF CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR STEM LEARNING (KELLEY & KNOWLES, 2016, P. 4).	17
ΕΙΚΟΝΑ 2 ΟΙ ΠΥΛΩΝΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ STEAM ΚΑΙ ΟΙ ΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΟΥΝ (YAKMAN & HYONYONG, 2012).	48
ΕΙΚΟΝΑ 3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ (ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ, 2011)	63
ΕΙΚΟΝΑ 4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (MASSACHUSETTS DEPARTMENT OF EDUCATION, 2006).....	69
ΕΙΚΟΝΑ 5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ SCRATCH.....	72
ΕΙΚΟΝΑ 6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ARDUINO IDE	77
ΕΙΚΟΝΑ 7 ΕΠΙΣΗΜΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ARDUINO ΜΕ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΗ ΣΕΙΡΑ.....	78
ΕΙΚΟΝΑ 8 Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO UNO	79
ΕΙΚΟΝΑ 9 ΨΗΦΙΑΚΑ PINS ΕΙΣΟΔΟΥ / ΕΞΟΔΟΥ ARDUINO UNO	79
ΕΙΚΟΝΑ 10 ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ PINS ΕΙΣΟΔΟΥ ARDUINO UNO.	80
ΕΙΚΟΝΑ 11 ΔΟΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ARDUINO.....	81
ΕΙΚΟΝΑ 12 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ARDUBLOCK	82
ΕΙΚΟΝΑ 13 ΜΙΚΡΟΎΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ RASPBERRY PI.....	85
ΕΙΚΟΝΑ 14 ΠΛΑΚΕΤΑ BBC:MICROBIT.....	87
ΕΙΚΟΝΑ 15 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ MAKE CODE.....	90
ΕΙΚΟΝΑ 16 ΟΙ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΕΣ ΕΝΤΟΛΩΝ ΤΟΥ ΓΡΑΦΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ MAKE CODE ΓΙΑ ΤΟ MICRO:BIT	91
ΕΙΚΟΝΑ 17 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΤΟΥΒΛΟ EV3	92

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. AUTHENTIC LEARNING DESIGN ELEMENTS (MAYES & JACKSON, 2016, SLIDE 9).....	36
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. THE S.T.E.M. MODEL OF CONSIDERATIONS FOR TEACHING INTERGRADED STEM EDUCATION. (STOHLMANN, MOORE AND ROEHRING,2012, P.33).....	38
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΠΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ	54
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. Η ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΤΑΞΗ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΤΑΞΗ (ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΥ, 2017)	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗΣ – ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ.....	64
ΠΙΝΑΚΑΣ 6. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ARDUINO UNO (ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ARDUINO) ¹	80
ΠΙΝΑΚΑΣ 7. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ (ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ RASPBERRY PI) ²	85
ΠΙΝΑΚΑΣ 8. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ MICRO:BIT (ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ MICRO:BIT) ³	88

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμιο επίπεδο, τάση της εκπαίδευσης αποτελεί η διεπιστημονική προσέγγιση S.T.E.M μέσω της οποίας ενοποιούνται τα τέσσερα γνωστικά αντικείμενα της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών παρέχοντας θετικά αποτελέσματα στην εκπαίδευση.

Παρά όμως τα αναγνωρισμένα οφέλη της εκπαίδευσης STEM από την ακαδημαϊκή κοινότητα, κυρίως λόγω της ολιστικότητας και της διαθεματικότητας που τη διέπει, στα ελληνικά σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης η ένταξή της στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων STEM αλλά και τα μαθησιακά αποτελέσματα που παρέχει στους μαθητευόμενους, εξαρτώνται από τις γνώσεις αλλά και από τη γενικότερη στάση που τηρούν οι εκπαιδευτικοί απέναντι στη μεθοδολογία S.T.E.M.

Η παρούσα εργασία επιδιώκει να αποσαφηνίσει έννοιες και ορισμούς σχετικά με την μεθοδολογία STEM, πραγματοποιώντας αρχικά μια ιστορική αναδρομή του όρου S.T.E.M στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, στην Ευρώπη και στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η Ολοκληρωμένη Εκπαίδευση S.T.E.M, αναφορικά με τους σκοπούς, τους στόχους, τα χαρακτηριστικά μιας τάξης αλλά και το βαθμό στον οποίο τα παραπάνω εφαρμόζονται και εντάσσονται στα πλαίσια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση της χώρας μας.

Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία S.T.E.A.M, οι προϋποθέσεις ανάπτυξης και εφαρμογής της, καθώς και τα πλεονεκτήματα της ενσωμάτωσής της στη διδακτική πράξη.

Στη συνέχεια πραγματοποιείται αναφορά στους ορισμούς και τις διαστάσεις της έννοιας της Υπολογιστικής Σκέψης και στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται όλες οι Θεωρίες Μάθησης και οι Σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις που ενσωματώνονται στη μεθοδολογία STEM.

Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας αναφέρονται ορισμένες Πλατφόρμες υλοποίησης καθώς και Γλώσσες Προγραμματισμού για την εφαρμογή δραστηριοτήτων STEM στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Λέξεις κλειδιά: εκπαίδευση S.T.E.M, θεωρίες μάθησης, εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, εκπαιδευτικές πλατφόρμες εφαρμογής S.T.E.M, γλώσσες προγραμματισμού

Abstract

In recent years worldwide, the trend of education is the interdisciplinary S.T.E.M approach through which the four disciplines of Science, Technology, Engineering and Mathematics are integrated, providing positive results in education.

However, despite the recognized benefits of STEM education by the academic community, mainly due to the holistic and interdisciplinary nature that governs it, in Greek secondary schools, its integration into the educational process through STEM educational activities and the learning outcomes it provides to students. depend on the knowledge but also on the attitude of teachers towards the STEM methodology.

This paper seeks to clarify concepts and definitions related to the STEM methodology, initially making a historical review of the term S.T.E.M in the United States, Europe and Greece.

The second chapter describes in detail the Integrated Education S.T.E.M, regarding the aims, objectives, characteristics of a class but also the degree to which the above are applied and included in the educational process, in the secondary education of our country.

The next chapter describes the S.T.E.A.M methodology, the conditions for its development and application, as well as the advantages of its integration in the teaching practice.

Subsequently, definitions and dimensions of the concept of Computational Thought are mentioned and in the Fifth chapter all the Learning Theories and the Modern didactic approaches that are integrated in the STEM methodology are analyzed.

The sixth and final chapter of this work lists some Implementation Platforms and Programming Languages for the implementation of STEM activities in secondary education.

Key words: S.T.EM Education, Learning Theories, Secondary education teachers, S.T.EM application training platforms, Programming Languages

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΚΡΩΝΥΜΙΩΝ

STEM Science, Technology, Engineering and Mathematics

IBL Inquiry Based Learning

EBL Engineering-Based Learning

pbl Problem Based Learning

PBL Project Based Learning

CT Computational Thinking

Εισαγωγή

Η σημερινή Κοινωνία της Πληροφορίας χαρακτηρίζεται από συνεχείς μεταβολές εξαιτίας του αυξανόμενου ρυθμού της τεχνολογίας, νέων εφευρέσεων, και νέων επινοήσεων. Με την εκτεταμένη χρήση λοιπόν των Τεχνολογιών καθολικά, σε όλους τους τομείς των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, δεν έμεινε ανεπηρέαστη ούτε η εκπαίδευση η οποία είναι άμεσα εμπλεκόμενη με τις κοινωνικές μεταβολές και τις κοινωνικές εξελίξεις.

Ως εκ τούτου οι Νέες Τεχνολογίες στην κοινωνία του 21^{ου} αιώνα, είναι πλέον μια πραγματικότητα, γεγονός που εντάσσει απαραίτητα την χρήση τους στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Η είσοδος των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση αλλάζει εποικοδομητικά τον τρόπο διδασκαλίας και αξιολόγησης, ενώ προετοιμάζει τους μαθητές να διαχειριστούν γόνιμα τις νέες γνώσεις και πέραν των σχολικών ορίων.

Η αλληλεπίδραση του Η/Υ με τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές είναι άμεση και δημιουργεί ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον, πολυαισθητηριακό, πλουραλιστικό και ανοιχτό για όλους.

Τα σύγχρονα Προγράμματα Σπουδών εναρμονίζονται με τις σύγχρονες θεωρίες μάθησης και οι έννοιες της Υπολογιστικής Σκέψης, της Επίλυσης Προβλήματος, καθώς και της ανάπτυξης δεξιοτήτων προγραμματισμού υπολογιστών αποτελούν βασικούς στόχους, ώστε να ανταποκρινόμαστε όλοι στον τεχνολογικό εγγραμματισμό.

Υπό το γενικότερο πεδίο των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε), ένας τομέας που δικαιωματικά έχει αποκτήσει το δικό του χώρο στην εκπαίδευση είναι η εκπαιδευτική ρομποτική. Με τη διάδοση και τις εφαρμογές της Επιστημολογίας του Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM), γίνεται μια προσπάθεια να ενσωματωθεί η διεπιστημονικότητα στα διδακτικά σενάρια που αφορούν την εκπαιδευτική ρομποτική.

Οι μαθητευόμενοι μέσω της εκπαίδευσης STEM μπορούν να επιλύσουν νέα προβλήματα και να εξάγουν συμπεράσματα, βασιζόμενοι στις αρχές των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (Roberts, 2012).

Πλαισιωμένη από μια προσέγγιση STEM, η μάθηση προβλημάτων προς την κατάκτηση δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (problem-based learning), έχει αποδειχθεί ότι ενισχύει το ενδιαφέρον των παιδιών για τον φυσικό κόσμο και ενισχύει την εμπλοκή και την ενεργό συμμετοχή τους στην τάξη (Havice, 2009).

Κεφάλαιο 1. Εννοιολογική προσέγγιση και ιστορική αναδρομή STEM

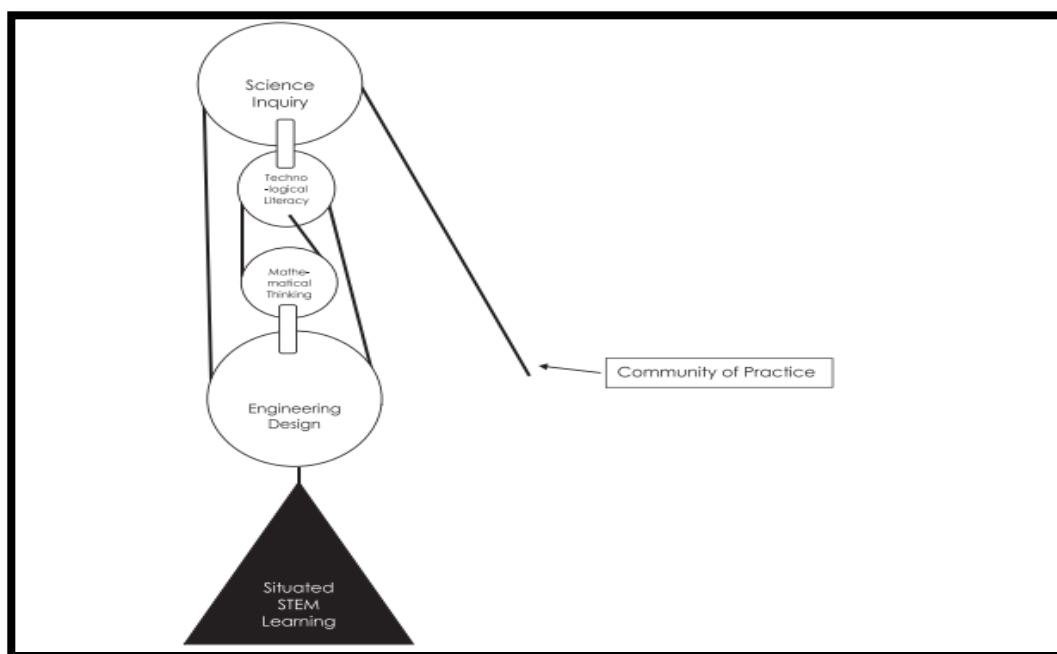
1.1. Έννοια του όρου STEM

Ο όρος STEM εισήχθη το 1990 από το National Science Foundation (NSF) ως ακρωνύμιο των Science (Φυσικές Επιστήμες), Technology (Τεχνολογία), Engineering (Μηχανική), και Mathematics (Μαθηματικά) (Bybee, 2010).

Σύμφωνα με το National Academy of Engineering and National Research Council, 2009 η προσέγγιση STEM ορίζεται ως ένα σύνολο των πεδίων της Επιστήμης (που περιλαμβάνει νόμους των επιστημονικών πεδίων της φυσικής, της χημείας και της βιολογίας), της Τεχνολογίας (που περιλαμβάνει τη γνώση, τις διαδικασίες, τις συσκευές καθώς και τα υλικά που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία και λειτουργία των τεχνολογικών επιτευγμάτων) και της Μηχανικής (όσον αφορά τον σχεδιασμό και την δημιουργία προϊόντων, καθώς και τη διαδικασία για επίλυση προβλημάτων). Η Μηχανική χρησιμοποιεί έννοιες από την Επιστήμη και τα Μαθηματικά.

Όλοι οι κλάδοι του STEM παρομοιάζονται από τους Todd R. Kelley και J. Geoff Knowles (2016) στο άρθρο τους “*A conceptual framework for integrated STEM education*” σαν γρανάζια τα οποία επικοινωνούν αλληλένδετα και ανυψώνουν την πλαισιωμένη μάθηση STEM (Situated STEM Learning), με την βοήθεια της κοινότητας πρακτικής (Community of practice).

Στο συγκεκριμένο άρθρο τονίζεται η δυνατή σχέση των τεσσάρων κλάδων αλλά επισημαίνεται πως δεν χρειάζεται να συνυπάρχουν όλοι σε κάθε δραστηριότητα STEM.



Εικόνα 1 Graphic of conceptual framework for STEM learning (Kelley & Knowles, 2016, p.

4).

Το παραπάνω σχήμα επεξηγεί το εννοιολογικό πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM καθώς δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι παράμετροι που να την καθορίζουν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να έχουν διατυπωθεί αρκετοί ορισμοί κατά καιρούς από εξέχοντες επιστήμονες.

Ενδεικτικά παρακάτω θα παραθέσουμε ορισμένους από αυτούς τους ορισμούς:

- “*STEM είναι το σύνολο των προσεγγίσεων που διερευνούν τη διδασκαλία και τη μάθηση μεταξύ οποιονδήποτε εκ των δυο ή περισσότερων θεματικών περιοχών του STEM και/ή μεταξύ ενός θέματος STEM και ενός ή περισσότερων θεμάτων από τη σχολική ύλη*” (Sanders, 2009).
- “*Το STEM είναι μια προσέγγιση στη διδασκαλία του περιεχομένου STEM δύο ή περισσότερων τομέων STEM, που δεσμεύονται από τις πρακτικές STEM μέσα σε ένα αυθεντικό πλαίσιο που στοχεύει στη σύνδεση αυτών μαθημάτων με*

σκοπό τη βελτίωση της μάθησης των σπουδαστών” (T. R. Kelley και J. G. Knowles, 2016).

- “Τα προγράμματα STEM είναι εκείνα που αποσκοπούν στην παροχή υποστήριξης ή στην ενίσχυση της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση έως τις μεταπτυχιακές σπουδές, συμπεριλαμβανόμενης και της εκπαίδευσης ενηλίκων” (U.S. Department of Education, 2007).
- “STEM είναι μια προσπάθεια να συνδυάσει μερικούς ή όλους τους κλάδους από την Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Μηχανική και τα Μαθηματικά σε μία τάξη, ενότητα ή μάθημα που βασίζεται στις διασυνδέσεις αυτών των μαθημάτων και των πραγματικών παγκόσμιων προβλημάτων” (Moore, Stohlmann & Wang 2014).

1.2 Ακρωνύμιο STEM

S (Science)

Ως Επιστήμη ορίζεται η συστηματική μελέτη της φύσης και της συμπεριφοράς του υλικού και φυσικού σύμπαντος, με βάση την παρατήρηση, το πείραμα, τη μέτρηση, και τη διατύπωση νόμων για την περιγραφή αυτών των γεγονότων σε γενικούς όρους (Science, 2012).

Σύμφωνα με τους Lederman, Wade και Bell (1998) οι αξίες και οι παραδοχές που σχετίζονται με την Επιστήμη περιλαμβάνουν, (αλλά δεν περιορίζονται) την ανεξαρτησία της σκέψης, τη δημιουργικότητα, μια εμπειρική βάση, την υποκειμενικότητα, καθώς και την πολιτιστική και κοινωνική ενσωμάτωση, η οποία δεν είναι ένας κατάλογος αρχών για απομνημόνευση, αλλά ιδέες για σύλληψη.

Η Επιστήμη είναι ένας τρόπος να γνωρίζει κανείς διαφορετικούς τρόπους γνώσης. Εξετάζει ερωτήματα σχετικά με το φυσικό και το υλικό κόσμο. Η επιστημονική γνώση προϋποθέτει τάξη και συνέπεια στα φυσικά συστήματα ώστε

έτσι να μπορούμε να αναζητήσουμε δεδομένα και εμπειρικά στοιχεία και να κάνουμε προβλέψεις και γενικεύσεις για την εξήγηση του φυσικού κόσμου (Akerson et al., 2018).

Κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες ο κλάδος της επιστήμης έχει επικεντρωθεί στην επιστημονική έρευνα (Sanders, 2009).

Η επιστημονική έρευνα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία ανάπτυξης της κοινωνίας και αναφέρεται σε όλους εκείνους τους τρόπους με τους οποίους οι επιστήμονες μελετούν και εξηγούν το φυσικό κόσμο βάση στοιχείων του έργου τους (NRC, 1996).

Η προώθηση της ικανότητας των παιδιών να διεξάγουν επιστημονική έρευνα σύμφωνα με το NRC (1996), είναι απαραίτητη για την εκμάθηση της επιστήμης, καθώς μέσω της διερευνητικής μάθησης οι μαθητές ενθαρρύνονται ώστε να αποκτήσουν ένα διαφορετικό τρόπο σκέψης μέσω υποθέσεων, ανάλογο με αυτό των πραγματικών επιστημόνων. Επιπλέον μέσω της διερεύνησης αξιοποιούν τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους και επιτυγχάνουν αυτοδιαχείριση της μάθησής τους, κατασκευάζοντας τις δικές τους ερωτήσεις ανάλογα με το επιστημονικό περιεχόμενο το οποίο ερευνούν (NRC, 1996).

Οι εκπαιδευτικοί από την πλευρά τους, καλούνται να ενθαρρύνουν την διεξαγωγή και τις δεξιότητες της επιστημονικής έρευνας (NRC, 1996).

Για να επιτευχθεί όμως κάτι τέτοιο, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να βελτιώσουν τις παιδαγωγικές τους γνώσεις και τις πειραματικές πρακτικές, καθώς πολλοί από αυτούς δεν γνωρίζουν πως διεξάγεται μια αυθεντική επιστημονική έρευνα (Nadelson, Seifert, Moll & Coats 2012).

Παρόλα αυτά οι απόψεις επί του θέματος της διεξαγωγής επιστημονικής έρευνας από την πλευρά των μαθητών δίστανται, καθώς οι Lee, Buxton, Lewis και LeRoy (2006), πιστεύουν πως τα παιδιά δεν είναι αναπτυξιακά ικανά να διεξάγουν επιστημονική έρευνα.

T (Technology)

Το «Τ» του STEM απευθύνεται στον τεχνολογικό αλφαριθμητισμό και συγκεκριμένα στην ικανότητα χρήσης, διαχείρισης και αξιολόγησης της Τεχνολογίας.(Kelley & Knowles, 2016)

Ως Τεχνολογία ορίζεται ο κλάδος της γνώσης που ασχολείται με τη δημιουργία και τη χρήση των τεχνικών μέσων και τη σχέση τους με τη ζωή, την κοινωνία και το περιβάλλον, αξιοποιώντας θέματα όπως οι βιομηχανικές τέχνες, η μηχανική και η εφαρμοσμένη επιστήμη (Technology, 2012).

Ένας διαφορετικός ορισμός που αποδίδεται στην Τεχνολογία είναι αυτός της αλλαγής του φυσικού κόσμου με σκοπό την ικανοποίηση των ανθρώπινων αναγκών και προσδοκιών (International Technology and Engineering Educators Association, 2000).

Ο Arthur (2009) αναγνώρισε την τεχνολογία ως ενορχήστρωση φαινομένων που έχουν προγραμματιστεί για ένα χρήσιμο σκοπό. Η τεχνολογία οργανώνεται γύρω από μια έννοια ή αρχή και εκφράζεται σε μια φυσική μορφή συστατικού. Η εξέλιξη της τεχνολογίας είναι συνδυαστική, διαμορφωμένη, αναδρομική και συστηματική. Με αυτόν τον ευρύ ορισμό, και ειδικά από όταν ξεκινούν οι υπολογιστές να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην τεχνολογία, η τεχνολογία θα μπορούσε να παρουσιαστεί ως διαφορετική από άτομα διαφορετικών κλάδων (Akerson, Burgess, Gerber, Guo, Khan & Newman 2018).

Δεδομένης της σπουδαιότητας και εφαρμογής της Τεχνολογίας σε όλους τους τομείς της καθημερινής ζωής, γίνεται επιτακτική η ανάγκη για συστηματική εκπαίδευση των μαθητών όλων των βαθμίδων στον τεχνολογικό εγγραμματισμό (ITEA, 2007).

Επιπλέον ο Kruse (2013) τόνισε την σημασία της κατανόησης της Τεχνολογίας, όχι μόνο με την έννοια των ηλεκτρονικών τεχνολογιών, αλλά αναφέρθηκε στην σημαντική κριτική φύση των τεχνολογικών ιδεών για την τεχνολογία.

Αυτές οι ιδέες περιλαμβάνουν την τεχνολογία αναγνώρισης (δηλαδή, διαφορετικούς τύπους τεχνολογίας και πώς αυτοί χρησιμοποιούνται), τη φύση της τεχνολογικής προόδου (δηλαδή, τις θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στη ζωή μας), το γεγονός ότι η τεχνολογία δεν είναι ουδέτερη (οι τεχνολογίες είναι δεν είναι

ομοιόμορφα κατανεμημένες ή διαθέσιμες σε όλους), τους περιορισμούς της τεχνολογίας (η τεχνολογία όχι μόνο δεν μπορεί λύσει όλα τα προβλήματα αλλά μπορεί ακόμη και να προκαλέσει προβλήματα), και τις αλληλεπιδράσεις τεχνολογίας και πολιτισμού.

Μέσω των δραστηριοτήτων STEM οι μαθητές εξοικειώνονται με την Τεχνολογία η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εκπαίδευση STEM γιατί εφαρμόζει τη γνώση πολλαπλών πεδίων (Herschbach, 2009).

Αρμοδιότητα των εκπαιδευτών STEM είναι η παρακίνηση των μαθητών ώστε να αντιλαμβάνονται την Τεχνολογία σαν τρόπο αλλαγής της κοινωνίας, της κουλτούρας, της πολιτικής, της οικονομίας και του περιβάλλοντος είτε με θετικές είτε με αρνητικές συνέπειες (Kelley και Knowles, 2016)

Ως επί το πλείστον όμως αντιμετωπίζουν την Τεχνολογία ως αυτόνομο σχολικό μάθημα και όχι ως σύνολο δεξιοτήτων (Cavanagh & Trotter, 2008).

Γι αυτό το λόγο η UNESCO επιχειρεί να εξασφαλίσει ότι η τεχνολογική παιδεία εφαρμόζεται σε όλους τους μαθητές, χρησιμοποιώντας από τους εκπαιδευτικούς κάθε πτυχή της στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Ο Sanders ισχυρίζεται πως ο τεχνολογικός αλφαριθμητισμός παρέχεται μέσα από ολοκληρωμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες STEM και παρέχει στους μαθητευόμενους τεράστιες δυνατότητες γιατί αφενός τους παρακινεί όσο αφορά τα θέματα STEM και αφετέρου διατηρεί το ενδιαφέρον τους (Sanders, 2009).

E (Engineering)

Η μηχανική είναι μια διαδικασία για την ανάπτυξη του ανθρώπινου κόσμου, των αντικειμένων και τις διαδικασίες που δεν υπήρχαν ποτέ πριν (National Academy of Engineering & National Research Council, 2009).

Είναι το επάγγελμα κατά το οποίο η γνώση για τα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες, συνδυάζεται και εφαρμόζεται για την ανάπτυξη τρόπων μέσω των οποίων χρησιμοποιούνται με οικονομία τα υλικά και οι δυνάμεις της φύσης προς όφελος της

ανθρωπότητας (Accreditation Board for Engineering and Technology [ABET], 2002, αναφορά στο ABET, 2007-2008).

Μηχανικός σχεδιασμός ορίζεται η συστηματική και έξυπνη διαδικασία κατά την οποία οι σχεδιαστές δημιουργούν, αξιολογούν και καθορίζουν έννοιες για συσκευές, συστήματα ή διαδικασίες των οποίων η μορφή επιτυγχάνει τους στόχους των πελατών ή τις ανάγκες των χρηστών, ικανοποιώντας ένα καθορισμένο σύνολο περιορισμών (Dym, Agogino & Eris, 2005).

Ο μηχανικός σχεδιασμός προσδιορίζεται σαν τη συστηματική και δημιουργική εφαρμογή επιστημονικών και μαθηματικών αρχών σε πρακτικούς σκοπούς, όπως ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η λειτουργία αποτελεσματικών και οικονομικών δομών, μηχανών, διαδικασιών και συστημάτων (National Governors Association, 2007, σ. 13).

Οι Kelley και Knowles (2016), κατατάσσουν το μηχανικό σχεδιασμό στην κορυφή της εκπαιδευτικής τροχαλίας STEM, καθώς οι μηχανικοί υπερτερούν σε σχέση με άλλους επιστήμονες γιατί δεν εστιάζουν στο θεωρητικό μέρος οποιουδήποτε θέματος, αλλά εφαρμόζουν πρακτικές επίλυσης προβλημάτων.

Έτσι η επιστημονική έρευνα εφαρμόζεται επί του πρακτέου με αποτέλεσμα να ενισχύονται οι δεσμοί μεταξύ όλων των πεδίων του STEM (Frykholm & Glasson, 2005).

Τα πρότυπα μηχανικής έχουν διακριθεί σε τρεις μεγάλες κατηγορίες ιδεών: γνώση, δεξιότητες και συνήθειες του νου. Οι δεξιότητες περιλαμβάνουν το σχεδιασμό κάτω από συγκεκριμένους περιορισμούς, χρησιμοποιώντας εργαλεία ή υλικά, και μαθηματικούς συλλογισμούς (Sneider & Rosen, 2009).

Σύμφωνα με τους Roehrig και συνεργάτες (2012) η ένταξη της Μηχανικής στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης θα ήταν πολύ χρήσιμη και αναγκαία, καθώς παρέχει ένα πραγματικό περιβάλλον για την εκμάθηση των μαθηματικών, βοηθά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος και προάγει τις κοινωνικές και επικοινωνιακές δεξιότητες των μαθητών μέσω της ομαδοσυνεργατικής μεθόδου διδασκαλίας.

Στον αντίποδα ο Bybee (2010) υποστηρίζει πως αν όλα τα έθνη εστίαζαν πραγματικά στην ανάπτυξη της καινοτομίας, τότε θα έπρεπε να ασχοληθούν σε υψηλότερο βαθμό με το T και το E καθώς η ολοένα αυξανόμενη ανάγκη της

κοινωνίας δεν καλύπτονται μόνο από τη διδασκαλία σε κάποιο βαθμό της μηχανικής στα σχολεία.

M (Mathematics)

«Τα Μαθηματικά συνθέτουν την επιστήμη των μοτίβων και των σχέσεων» (AAAS, 1993).

Οι καινοτομίες στον κλάδο των Μαθηματικών εντείνουν τις καινοτομίες στον κλάδο της Τεχνολογίας και αντιστοίχως οι εξελίξεις του κλάδου της Τεχνολογίας κινητοποιούν τα Μαθηματικά (Dugger, 2010).

Επιπρόσθετα ο μαθηματικός εγγραμματισμός του πληθυσμού μιας χώρας, οδηγεί στην ανάπτυξη της οικονομικής ευμάρειας και ευημερίας καθώς προσφέρει τη δυνατότητα της εφαρμογής των μαθηματικών δεξιοτήτων και ικανοτήτων στην καθημερινή ζωή και την εργασία (PISA, 2006).

Ο μαθηματικός εγγραμματισμός εμπεριέχει αρκετά στοιχεία μαθηματικής σκέψης η οποία είναι ύψιστης σημασίας και αποτελεί ένα σημαντικό αποτέλεσμα της σχολικής εκπαίδευσης, καθώς παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα χρήσης των μαθηματικών σε καταστάσεις επίλυσης προβλημάτων του πραγματικού κόσμου, και την ικανότητα να σκέφτονται με μαθηματικό τρόπο (Stacey, 2006).

Οι Kelley και Knowles (2016) τοποθετούν τη μαθηματική σκέψη στο τέταρτο γράναζι του εννοιολογικού πλαισίου του STEM, και υποστηρίζουν πως διάφορες επιστημονικές μελέτες κατέδειξαν πως οι μαθητές είχαν καλύτερη απόδοση στην αξιολόγηση των μαθηματικών όταν διδάσκονταν μέσω ολοκληρωμένης εκπαίδευσης STEM.

Οι ίδιοι αναφέρουν όμως πως δεν είναι όλα τα μαθηματικά κατάλληλα για εφαρμογή σε περιβάλλοντα μηχανικού σχεδιασμού, ιδίως όσον αφορά τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, καθώς οι μαθητές δεν κατέχουν ακόμα όλες τις γνωστικές δεξιότητες που επιτρέπουν τη σύνδεση της μαθηματικής σκέψης και του μηχανικού σχεδιασμού (Kelley & Knowles, 2016).

1.3. Ιστορική αναδρομή του STEM

1.3.1 Ιστορία του STEM στις Η.Π.Α.

Το ενδιαφέρον για την αναλυτική σύνδεση της επιστήμης, των μαθηματικών και της μηχανικής, εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1870, όταν ο Calvin Woodward, διδακτορικός ερευνητής στον κλάδο των μαθηματικών του Πανεπιστημίου Χάρβαρντ, ίδρυσε ένα εργαστήριο στο Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον (Σεντ Λούις), όπου άρχισε να εφαρμόζει εκπαιδευτικές μεθόδους με φοιτητές μαθηματικών και μηχανικής, ζητώντας τους να κατασκευάζουν γεωμετρικών μοντέλων από σχέδια, ώστε να κατανοήσουν καλύτερα τις μαθηματικές έννοιες που δίδασκε (Bennett, 1937). Το 1880 ίδρυσε το « St Louis Manual Training School » και έκτοτε θεωρείται ως ο εφευρέτης του πεδίου που έγινε γνωστό ως Εκπαίδευση Τεχνολογίας στις Ηνωμένες Πολιτείες τοποθετώντας την εκμάθηση μαθηματικών εννοιών και πρακτικών στο πλαίσιο δικών του μοντέλων ασκήσεων.

Ο Woodward ήταν αναμφισβήτητα ο πρώτος που προώθησε και διερεύνησε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM ως βέλτιστη πρακτική (Sanders, 2009). Μισό αιώνα πριν, οι Σοβιετικοί εκτόξευσαν το δορυφόρο «Sputnik» στο διάστημα και παρά το γεγονός ότι ήταν ένας σχετικά απλός δορυφόρος σε σύγκριση με άλλες πιο περίπλοκες συσκευές, η συγκεκριμένη αποστολή κατάφερε να κινητοποιήσει τις Η.Π.Α. ώστε να δραστηριοποιηθούν άμεσα με σκοπό ηγηθούν στο χώρο αυτό και να ξανακερδίσουν το χαμένο τεχνολογικό έδαφος που φαίνεται πως έχασε το αμερικανικό έθνος από τον σοβιετικό του αντίπαλο. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα μια μεγάλη εκπαιδευτική μεταρρύθμιση στα πεδία της Επιστήμης, των Μαθηματικών και των Βιομηχανικών Τεχνών. (Το τελευταίο είναι το πεδίο που πλέον είναι γνωστό ως Τεχνολογική Εκπαίδευση στις Η.Π.Α.) (Sanders, 2009).

Ο Rodger W. Bybee (2010) στο βιβλίο του «Advancing STEM Education» αναφέρει επανειλημμένα πως η εποχή του Σπούτνικ επέφερε σημαντικές αλλαγές στην Αμερικάνικη εκπαίδευση.

Με την τρέχουσα πρωτοβουλία, οι μαθητές, οι δάσκαλοι και οι ενδιαφερόμενοι πρέπει να επιδιώκουν ένα κοινό πλαίσιο STEM με συγκεκριμένους στόχους. Ο συγγραφέας προτείνει συγκεκριμένους δρόμους ανάπτυξης στην υγεία, την ενέργεια, το περιβάλλον και τη χρήση φυσικών πόρων με βελτιώσεις σε ένα 20ετές χρονικό διάστημα (Bybee, 2010).

Ένα χρόνο αργότερα το Κογκρέσο θεσπίζοντας νέο Εθνικό νόμο, αύξησε την χρηματοδότηση της εκπαίδευσης σε όλα τα επίπεδα (Powell, 2007).

Το 1959 ο Donald Maley, κορυφαία φωνή της Εκπαίδευσης Βιομηχανικών Τεχνών εκείνη την εποχή, έθεσε την πρόταση για ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, αφού αναγνώρισε την ευκαιρία για περαιτέρω ολοκλήρωση του επαγγέλματος.

Σε αυτό το σημείο όπως ποτέ άλλοτε στην ιστορία της εκπαίδευσης, αναγνωρίστηκαν οι πραγματικές αξίες των βιομηχανικών τεχνών (Sanders, 2009).

Ο Maley ανταποκρινόμενος σε αυτή την ευκαιρία, ανέπτυξε το μάθημα του «Research and Experimentation» το οποίο συμπεριλάμβανε τα μαθηματικά και την επιστήμη στο πλαίσιο της τεχνολογικής δραστηριότητας (Herschbach, 1996).

Το 1990, έπειτα από πρωτοβουλία του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών (NSF), χρησιμοποιήθηκε ο όρος «SMET» ως αρκτικόλεξο για τους κλάδους της Επιστήμης, των Μαθηματικών, της Μηχανικής και της Τεχνολογίας. Πάραυτα για λόγους κυρίως αισθητικής, το Γραφείο Επιστημών και Ανάπτυξης Εργατικού Δυναμικού για Εκπαιδευτικούς και Επιστήμονες, πρότεινε την μετονομασία του ακρωνυμίου σε STEM. Η πρόταση της αλλαγής έγινε αποδεκτή από την τότε NSF διευθύντρια Rita Colwell και δημιουργήθηκε το ακρωνύμιο «STEM». Αυτή η εκπαιδευτική πρωτοβουλία σχεδιάστηκε για να παρέχει σε όλους τους μαθητές δεξιότητες κριτικής σκέψης που θα τους καθιστούσαν δημιουργικούς επιτυχείς προβλημάτων (Sanders, 2009).

Το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών εστίασε ξεχωριστά σε καθεμία από τις τέσσερις ενότητες του (Science, Technology, Engineering, Mathematics) με δύο απώτερους στόχους:

- Επιδίωξη της ενίσχυσης των απαιτούμενων τεχνολογικών και μηχανικών αλλαγών, ώστε η χώρα να εξακολουθήσει να είναι ανταγωνιστική σε παγκόσμιο επίπεδο
- Να δύναται ικανός ο έκαστος μαθητής και σπουδαστής να αφομοιώσει τις βασικές αρχές των μαθημάτων STEM και την μεταξύ τους σχέση, ώστε να αποτελέσει εγγράμματο πολίτη, εξασφαλίζοντας με αυτό το τρόπο τη βέλτιστη δυνατή θέση στην αγορά εργασίας στην ενήλικη ζωή του (Chesky & Wolfmeyer, 2015).

Ένα από τα πρώτα έργα του χρηματοδοτούμενο το 1997, ήταν το STEMTEC (Science, Technology, Engineering and Math Teacher Education Collaborative) στο Πανεπιστήμιο Amherst της Μασαχουσέτης .

Το 2002 η NAE προχώρησε στη συγγραφή του βιβλίου « Technically Speaking: Why all Americans should learn more about technology » (Pearson & Young, 2002).

Το 2005 η δημοσίευση του Friedman «The World is Flat» έπεισε τους Αμερικανούς ότι οι ΗΠΑ μειονεκτούν συγκριτικά με την Κίνα και την Ινδία στην παγκόσμια οικονομία.

Ο Friedman υπέδειξε με ακρίβεια, ότι η εκπαίδευση STEM είναι μέγιστης σημασίας στον παγκόσμιο ανταγωνισμό για πλούτο και δύναμη.

Επίσημη αναφορά της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών, Μηχανικών και Ιατρικής των ΗΠΑ με τίτλο «Rising Above the Gathering Storm», λαμβάνοντας υπόψη τις ανεπαρκείς μαθησιακές επιδόσεις των μαθητών στα πεδία του STEM, επέρχονταν καθολικές αλλαγές στον ευρύτερο τομέα της εκπαίδευσης, θα ήταν ανέφικτο να ανταγωνιστεί διεθνώς άλλες χώρες.

Οι Η.Π.Α. αποδεχόμενες τις παγκόσμιες προκλήσεις επικεντρώθηκαν στην εκπαίδευση STEM αυξάνοντας τις χρηματοδοτήσεις για το σκοπό αυτό (Friedman, 2005).

Το ίδιο έτος, το Σεπτέμβριο του 2005, η Σχολή Εκπαίδευσης Τεχνολογίας στο Virginia Tech ξεκίνησε ένα καινοτόμο μεταπτυχιακό πρόγραμμα εκπαίδευσης STEM που συμπεριλάμβανε Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά και εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης/διαχειριστές οι οποίοι εντάχθηκαν στη μελέτη διδασκαλίας, μάθησης και εκπαιδευτικής έρευνας στις διασταυρώσεις αυτών των κλάδων (Sanders & Wells, 2005).

Το 2007, η Εθνική Ένωση Διοικητών στοχεύει την εκπαίδευση STEM για χρηματοδότηση.

Στην επίσημη έκθεση του Εθνικού Συμβουλίου Επιστημών, με τίτλο « National Action Plan for Addressing the Critical Needs of the Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education System», τον Οκτώβριο του 2008 αναφέρεται στο STEM 20 φορές συχνότερα από ότι αναφέρεται στην Επιστήμη και τα Μαθηματικά (Sanders, 2009).

Από την αρχή, η φιλοσοφία αφορούσε σκόπιμα τη διδασκαλία και τη μάθηση των επιστημών και των μαθηματικών, έννοιες και πρακτικές σε τεχνολογικές-μηχανικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες βασισμένες στο σχεδιασμό.

Το 2009 ο Πρόεδρος των Η.Π.Α. Barack Obama ανακοίνωσε την εθνική πρωτοβουλία «Educate to Innovate» με στόχο την πραγματοποίηση επιστημονικών και μαθηματικών επιτεύγματος από Αμερικανούς φοιτητές εντός της επόμενης δεκαετίας. Στα πλαίσια αυτής της πρωτοβουλίας, αυξήθηκαν οι ομοσπονδιακές επενδύσεις για STEM, καθώς και κατάρτιση 100.000 νέων εκπαιδευτών έως το 2021.

Το 2012 ο Asghar και συνεργάτες, επισημαίνουν το διαθεματικό χαρακτήρα του STEM και εστιάζουν στην δεξιότητα της επίλυσης προβλημάτων. Οποιαδήποτε αποσπασματική και ασύνδετη προσπάθεια αποτυγχάνει πλήρως να αποδώσει τη φύση του STEM σε σχέση με τον πραγματικό κόσμο.

Το 2017 ο πρόεδρος των Η.Π.Α Donald J. Trump υπέγραψε προεδρικό μνημόνιο προκειμένου να επεκτείνει την πρόσβαση σε εκπαίδευση υψηλής ποιότητας STEM (Science, Technology, Engineering and Math) σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2004 σε 6.700 σχολικές μονάδες του Καναδά διαπιστώθηκε πως η πλειοψηφία των διευθυντών σχολείων είναι σύμφωνη με την άποψη πως οι Τ.Π.Ε βοηθούν τους εκπαιδευτικούς να διευρύνουν και να εμπλουτίσουν περαιτέρω το πρόγραμμα σπουδών (Plante & Beattie, 2004).

Σαν απόρροια των παραπάνω, η εκπαίδευση STEM τέθηκε στο κέντρο της εκπαιδευτικής πολιτικής στην Αμερική, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη τριών διαφορετικών ειδών σχολείων (National Research Council, 2011).

Τα σχολεία εκπαίδευσης STEM των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής διακρίνονται στις τρεις ακόλουθες κατηγορίες:

- Επιλεκτικά σχολεία STEM, τα οποία κατόπιν αυστηρών κριτηρίων επιλογής, αποδέχονται μαθητές με ανεπτυγμένο κ έκδηλο ενδιαφέρον στα πεδία του STEM, καθώς και ιδιαίτερα υψηλές μαθητικές επιδόσεις.
- Σχολεία χωρίς κριτήρια επιλογής.
- Σχολεία εστιασμένα στην επαγγελματική STEM σταδιοδρομία που απευθύνονται σε μαθητές που τείνουν να εγκαταλείψουν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

1.3.2. Ιστορία του STEM στην Ευρώπη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 τόνισε την ανάγκη ενσωμάτωσης των Τ.Π.Ε. γενικότερα στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και καθιέρωσε προγράμματα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών όπως τα Socrates και τα Minerva.

Για να μπορεί να ανταποκριθεί στο διεθνή ανταγωνισμό και να θεωρείται υπολογίσιμη δύναμη, το 2000 συγκλήθηκε το Ευρωπαϊκό συμβούλιο της Λισαβόνας όπου σύμφωνα με απόφαση που λήφθηκε μέχρι το 2010 θα έπρεπε όλα τα κράτη μέλη να μετασχηματίσουν τα εκπαιδευτικά προγράμματα τους, με τη δημιουργία δικτύων σχολείων, τη δημιουργία ψηφιακών και χρηματοδοτικών μηχανισμών και την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη χρήση και αξιοποίηση των Τ.Π.Ε στην διδακτική πράξη.

Στην Ευρώπη επίσης παρατηρείται αύξηση της ενσωμάτωσης του STEM στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών, καθώς μέσα από διάφορες πρωτοβουλίες όπως η ίδρυση της κοινοπραξίας STEM Alliance η οποία υποστηρίζει τη συνεργασία STEM μεταξύ βιομηχανίας και εκπαίδευσης σε παγκόσμιο επίπεδο, το Ευρωπαϊκό Σχολικό Δίκτυο και η Ακαδημία Επιστημών της Νέας Υόρκης, προωθείται η Επιστημολογία του STEM στην Ευρώπη και παρέχονται ολοένα και περισσότεροι πόροι που στοχεύουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα.

Το 1997 ιδρύθηκε από τα ευρωπαϊκά κράτη μέλη το European Schoolnet, το οποίο είναι ένα δίκτυο 34 Υπουργείων Παιδείας με έδρα τις Βρυξέλλες. Αποτελεί ένα μη κερδοσκοπικό οργανισμό με απώτερο σκοπό τη διαχείριση έργων σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και την εισαγωγή καινοτόμων μεθόδων στη διδασκαλία, μέσα από υπηρεσίες όπως:

- α) η Scientix για την προώθηση της επιστημονικής εκπαίδευσης και την προώθηση εκπαιδευτικού υλικού από ερευνητικά προγράμματα STEM μέσω της οποίας αναπτύσσεται σε πανευρωπαϊκό επίπεδο συνεργασία μεταξύ καθηγητών και ερευνητών και
- β) το insafe που σαν στόχο του έχει την ανάπτυξη των ψηφιακών δεξιοτήτων των πολιτών (European Schoolnet, 2018).

Το 2002 η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε ως βασικό σκοπό των εκπαιδευτικών πολιτικών των χωρών μελών της, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης, την κατασκευή της

γνώσης και γενικότερα του τεχνολογικού αλφαριθμητισμού των μαθητευόμενων, ώστε να μπορούν να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες προκλήσεις.

Το 2004 στο Ηνωμένο Βασίλειο δημιουργήθηκε από το Πανεπιστήμιο του York το National STEM Center. Σκοπός του είναι να παρέχει μια παγκοσμίως κορυφαία εκπαίδευση STEM μέσα από ένα ευρύ φάσμα δωρεάν διαδικτυακών εργαλείων.

Υποστηριζόμενο από την κυβέρνηση σε συνεργασία με φιλανθρωπικούς οργανισμούς και εργοδότες, αύξησε τον αριθμό των επιτευγμάτων σε θέματα που αφορούν την Επιστημολογία STEM και διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην ένταξη της εκπαίδευσης STEM στις Ευρωπαϊκές χώρες και στη χάραξη αντίστοιχης πολιτικής.

Το 2015 έπειτα από έρευνα της Ευρωπαϊκής Ένωσης διαπιστώθηκε πως ακόμη και σήμερα οι μαθητές υστερούν σε θέματα Επιστήμης και Μαθηματικών και παρουσιάζουν ιδιαίτερα αδύναμες επιδόσεις. Επιπλέον υπάρχει έλλειψη ειδικά επιμορφωμένων εκπαιδευτικών στο STEM. Για αυτό το λόγο τέθηκε σαν προτεραιότητα στο κέντρο της εκπαιδευτικής πολιτικής η ενδυνάμωση της εκπαίδευσης STEM (European Commission, European Parliament, 2015).

1.3.3 Ιστορία STEM στην Ελλάδα

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα διεκδικεί σημαντική παρουσία στο χώρο του STEM. Οι δράσεις εκπαιδευτικής ρομποτικής και STEM αυξάνονται συνεχώς. Πολλοί ιδιώτες επενδύουν οικονομικά σε κέντρα εκμάθησης STEM, αλλά και πολλά πανεπιστημιακά ιδρύματα δημιουργούν με μεγάλη επιτυχία μεταπτυχιακά προγράμματα για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών .

Το 2015 πραγματοποιήθηκε η πρώτη έρευνα της PISA στη χώρα μας, με φορέα υλοποίησης το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής στην οποία συμμετείχαν 72 χώρες.

Από τον ελληνικό εκπαιδευτικό χώρο συμμετείχαν 212 σχολεία και 5500 μαθητές. Μεταξύ άλλων θεμάτων διερευνήθηκε ο εγγραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε πως η χώρα μας υστερεί στα Μαθηματικά και στις Επιστήμες σε σχέση με χώρες που έχουν εντάξει προγράμματα STEM στην εκπαιδευτική πολιτική τους.

Το 2017 δημιουργήθηκε η Ελληνική Ένωση STEM (E3STEM), ένα μη κερδοσκοπικό επιστημονικό σωματείο υπό την διεύθυνση του κ. Σαράντου Ψυχάρη, Διδάκτορας του Πανεπιστημίου Γλασκόβης.

« Βασικό σκοπό της Ένωσης αποτελεί η διάδοση της Επιστημολογίας, της μεθοδολογίας και της διδακτικής αναπλαισίωσης του S.T.E.M και η διατύπωση έγκυρων προτάσεων σχετικά με την υλοποίηση διδακτικών μοντέλων S.T.E.M σε επίπεδο επιμορφώσεων, σεμιναρίων και προτάσεων για διδασκαλία γνωστικών αντικειμένων που σχετίζονται ή μπορούν να ενταχθούν στην επιστημολογία του STEM σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, με βασική αρχή την επιστημονική εγκυρότητα των προτάσεων και την αξιοπιστία τους » (E3STEM, 2017).

1.4. Η έννοια και η εξέλιξη της διεπιστημονικότητας

Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές απόψεις όσον αφορά την πρώτη εμφάνιση της έννοιας της διεπιστημονικότητας.

Σύμφωνα με τους Satchwell & Loerrp (2002) η διεπιστημονικότητα και η ανάγκη για ένα ολοκληρωμένο αναλυτικό πρόγραμμα, βασίστηκε στις αρχές του εποικοδομισμού, ενώ σύμφωνα με τους Wang και συνεργάτες (2001), η Επιστημολογία του STEM εδράζεται στην διεπιστημονική προσέγγιση διδασκαλίας.

Σύμφωνα με τους Hausman και Kochelmans (1979), η έννοια βρίσκεται στις ιδέες του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη, ενώ σύμφωνα με άλλους η διεπιστημονικότητα αποτελεί ένα σύγχρονο φαινόμενο και εκφράστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα από τον Αμερικανό φιλόσοφο John Dewey.

Ο Dewey ανέπτυξε πρώτος τη θεωρία για την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Υπήρξε αντίθετος με τη διδασκαλία ασύνδετων μεταξύ τους αντικειμένων. Πρότεινε να συσχετιστεί το μαθησιακό περιβάλλον με τα διάφορα επαγγέλματα, με την κατανόηση της χρησιμότητας και της ολιστικής αντίληψης του πραγματικού κόσμου από το άτομο (Dewey, 1916, p. 294).

Στο έργο του, «The School and the Society and the Child and the Curriculum» αναφέρει μεταξύ άλλων: «Δεν έχουμε μια σειρά από διαφορετικούς κόσμους, ένας από τους οποίους είναι μαθηματικός, άλλος φυσικός, άλλος ιστορικός κ.λπ. Ζούμε σ' ένα κόσμο όπου όλες οι πλευρές συνδέονται. Όλες οι σπουδές προέρχονται από σχέσεις του ενός μεγάλου κοινού κόσμου και καθώς το παιδί ζει σε μεταβαλλόμενη αλλά συγκεκριμένη και ενεργητική σχέση με αυτόν τον κοινό κόσμο, οι σπουδές του είναι φυσικά ενιαίες. Η σύνδεση των σπουδών δεν αποτελεί πλέον πρόβλημα. Ο δάσκαλος δεν θα είναι υποχρεωμένος να προσφεύγει σε κάθε είδους τεχνάσματα και να συνυφαίνει λίγη αριθμητική με το μάθημα της ιστορίας. Συνδέστε το σχολείο με τη ζωή και όλες οι σπουδές θα συνδεθούν υποχρεωτικά» (Dewey, 1990, σελ. 91).

Κατά τη δεκαετία του 1970 το όραμα του Dewey για διεπιστημονικότητα, αρχίζει να πραγματοποιείται μέσω του προγράμματος STS (Science, Technology, Society).

Εν κατακλείδι εάν αποδοθεί ένας ορισμός για την έννοια της διεπιστημονικότητας σύμφωνα με τον Hubert (1992), «είναι ένα σύστημα αλληλεπίδρασης των επιστημονικών κλάδων, μέσω συζήτησης και ανταλλαγής απόψεων με σκοπό τη σφαιρική και πλήρη μελέτη ενός θέματος».

1.4.1. STEM και διεπιστημονικότητα

Στο φυσικό κόσμο ο άνθρωπος καλείται να ανταπεξέρχεται και να ενεργεί επιτυχώς απέναντι σε προβλήματα διεπιστημονικής φύσης, τα οποία προϋποθέτουν την ανάπτυξη πολύπλοκων συστημάτων υπολογιστικής σκέψης (Mayes & Gallant, 2018).

Θέματα που απασχολούν την παγκόσμια κοινότητα, όπως η κλιματικές αλλαγές, η διαχείριση πόρων, ο υπερπληθυσμός, ο τομέας της υγείας, η βιοποικιλότητα, η μείωση των αποθεμάτων ενέργειας, χρειάζονται μια άμεση διεθνή παρέμβαση. Ως εκ τούτου και ο τομέας της εκπαίδευσης παρομοίως θα πρέπει να ακολουθήσει την ίδια κατεύθυνση (Thomas & Watters, 2015).

Αυτό προωθούν οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες STEM, οι οποίες αφενός εμπλέκουν ενεργά τον μαθητευόμενο στην εκπαιδευτική διαδικασία και αφετέρου εφαρμόζονται σε όλες τις ιεραρχημένες κλίμακες της εκπαίδευσης για τη διδασκαλία

διαφόρων εννοιών. Συνεπώς οι εκπαιδευτικές εφαρμογές STEM διέπονται από διεπιστημονικότητα καθώς εντοπίζονται σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους.

Γενικότερα η επιστημολογία STEM δύναται να συνδυάζει έννοιες από διαφορετικές γνωστικές περιοχές, μέσω συνθετικών εργασιών και να διαφέρει σε μεγάλο βαθμό από τον παραδοσιακό τρόπο εκπαίδευσης.

Κατά αυτόν τον τρόπο οι μαθητές μέσω της ενεργητικής συμμετοχής και της αυτοδιαχείρισης, αξιοποιούν στο έπακρο την προϋπάρχουσα γνώση τους ώστε να είναι ικανοί να κατακτήσουν την μετέπειτα πλαισιοθετημένη γνώση και να γίνουν ικανοί λύτες προβλημάτων.

Κεφάλαιο 2. Ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM

Η πρώτη αναφορά του ακρωνυμίου STEM στην εκπαίδευση πραγματοποιήθηκε το 2001 από τη Βιολόγο Judith Ramaley η οποία καθιέρωσε στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής μια διεπιστημονική διδασκαλία προσαρμοσμένη στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών, συμπεριλαμβάνοντας τους κλάδους των Φυσικών Επιστημών, των Τ.Π.Ε., της Επιστήμης της Μηχανικής και των Μαθηματικών. Η εκπαιδευτική αυτή προσέγγιση αποδίδεται σήμερα με το ακρωνύμιο STEM.

Η μεθοδολογία STEM αποτελεί ένα καινοτόμο εκπαιδευτικό πλαίσιο και μια ολοκληρωμένη προσέγγιση με απώτερο σκοπό την κατάλληλη σχεδίαση του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών και της διδασκαλίας, ώστε με βάση το εκπαιδευτικό υλικό που παράγεται, να προσεγγίζονται και να διδάσκονται ενοποιημένα τα τέσσερα γνωστικά αντικείμενα μέσα από κατάλληλες μαθησιακές δραστηριότητες.

Τα σημερινά Αναλυτικά προγράμματα σπουδών τονίζουν ότι οι μαθητές από την πρώτη τάξη του σχολείου θα πρέπει να κατέχουν δεξιότητες επίλυσης προβλήματος.

Οι Rensic και Glaser, (1976) υποστηρίζουν πως η απόκτηση των δεξιοτήτων επίλυσης προβλήματος, είναι όψη ευφυΐας.

Η μεθοδολογία STEM καθιστά τους μαθητευόμενους ικανούς λύτες προβλημάτων, εκπαιδεύοντάς τους παράλληλα στην αντιμετώπιση τους σε πραγματικές συνθήκες. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω καινοτόμων διαδικασιών σχεδιασμού λύσης σύνθετων προβλημάτων, με τη χρήση σύγχρονων εργαλείων και τεχνολογιών (Kennedy & Odell, 2014).

Σύμφωνα με τον NSF, η ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM περιλαμβάνει και Κοινωνικές Επιστήμες όπως τη Φυσική, τη Βιολογία, τη Γεωλογία και τις Πολιτικές Επιστήμες (Green, 2007).

Εκτείνεται σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών τομέων και απευθύνεται συνολικά στις βαθμίδες της εκπαίδευσης, της Τυπικής αλλά και της Ειδικής αγωγής από την Προσχολική αγωγή μέχρι την Μεταδιδακτορική εκπαίδευση (Gonzalez & Kuenzi, 2012).

Η διδασκαλία της εκπαίδευσης STEM είναι μαθητοκεντρική και εστιάζει στη γνώση (Bransford, Brown & Cocking, 2000).

Κατά τους (Sanders και Wells) εκπαίδευση STEM περιλαμβάνει την τεχνολογική μηχανική μάθηση που στηρίζεται σε προσεγγίσεις σχεδιασμού, οι οποίες ενσωματώνουν τις έννοιες και τις πρακτικές της επιστήμης ή των μαθηματικών με τις έννοιες της τεχνολογίας και της μηχανικής.

Στηρίζεται στις αρχές του εποικοδομισμού και παρέχει ένα σύνολο αφηρημένων αντιλήψεων για την αφομοίωση των εννοιών της Επιστήμης και των Μαθηματικών, καθώς οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να κατασκευάσουν οι ίδιοι ενεργά αυτές τις γνώσεις (Sanders, 2009).

Ένα μάθημα που βασίζεται στην ολοκληρωμένη προσέγγιση STEM δημιουργεί στους μαθητές κίνητρα ενασχόλησης καθώς ερευνά προβλήματα του πραγματικού κόσμου και μέσα από την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης, τα επιλύει βρίσκοντας τη βέλτιστη λύση.

Κατά τους Bruning, Schraw, Norby και Ronning (2004) στην ολοκληρωμένη εκπαίδευση STEM, η μάθηση αποτελεί εποικοδομητική διαδικασία, η γνωστική ανάπτυξη έχει σαν θεμέλιο την κοινωνική αλληλεπίδραση, οι στρατηγικές μάθησης έχουν εννοιολογική σαφήνεια και τα κίνητρα των μαθητών αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της γνώσης.

2.1 Στόχοι εκπαίδευσης STEM

Η εκπαίδευση STEM βοηθά τους μαθητευόμενους να αναπτύξουν ικανότητες και δεξιότητες τις οποίες μπορούν να εφαρμόσουν σχετικά με το πώς λειτουργεί ο κόσμος μέσω των τεσσάρων αλληλένδετων τομέων:

1. του τεχνολογικού αλφαριθμητισμού, δηλαδή την ανάπτυξη δεξιοτήτων διαχείρισης, κατανόησης και αξιολόγησης της τεχνολογίας
2. του επιστημονικού αλφαριθμητισμού σύμφωνα με τον οποίο το άτομο χρησιμοποιεί την επιστημονική γνώση για την κατανόηση του φυσικού κόσμου
3. του μηχανικού αλφαριθμητισμού, δηλαδή την κατανόηση των επιστημονικών και των μαθηματικών αρχών
4. του μαθηματικού αλφαριθμητισμού, δηλαδή την ικανότητα του ατόμου να διατυπώνει, να επιλύει και να ερμηνεύει τα αποτελέσματα μαθηματικών προβλημάτων (National Governors Association, 2007).

Σκοπός δηλαδή της εκπαίδευσης STEM είναι η ανάπτυξη δεξιοτήτων από την πλευρά των μαθητών με τις οποίες μπορούν να κατακτήσουν τη γνώση μέσα από την εμπλοκή τους σε πραγματικές καταστάσεις.

Σύμφωνα με έρευνα της NRC (2011), οι στόχοι της εκπαίδευσης STEM για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση συνοψίζονται ως εξής:

- Αύξηση του αριθμού των μαθητών που στοχεύουν σε επαγγελματική καριέρα στους τομείς της εκπαίδευσης STEM.
- Αύξηση της συμμετοχής των γυναικών και των κοινωνικών μειονοτήτων, καθώς και της συμμετοχής τους στο εργατικό δυναμικό.
- Καθολική αύξηση των δραστηριοτήτων της εκπαίδευσης STEM για όλους τους μαθητές, ανεξαιρέτως αν επιδιώκουν επαγγελματική σταδιοδρομία στο συγκεκριμένο τομέα.

2.1.2. Βασικά χαρακτηριστικά τάξης STEM

Κατά τον Morrison (2006) μια τάξη STEM θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει τα κάτωθι στοιχεία:

1. Μαθητοκεντρικές μεθόδους διδασκαλίας.
2. Καινοτομία και εφευρετικότητα
3. Συστεγασμένες αίθουσες διδασκαλίας και εργαστήρια
4. Εκ νέου συγκρότηση του χώρου
5. Χώρος εξοπλισμένος με κατάλληλα υλικά
6. Εξαερισμό προσαρμοσμένο στις απαιτούμενες προδιαγραφές
7. Μάθηση μέσω σύγχρονων εκπαιδευτικών μεθόδων, οι οποίες ανταποκρίνονται και είναι κατάλληλες και για εκπαιδευόμενους που αντιμετωπίζουν μαθησιακές δυσκολίες.
8. Φορητούς υπολογιστές εξοπλισμένους με κατάλληλο λογισμικό για εφαρμογή δραστηριοτήτων STEM
9. Ηλεκτρισμός προσβάσιμος μέσω κατάλληλων υποδοχών από την οροφή του χώρου αλλά και από το δάπεδο.

2.2. Τρόποι ολοκλήρωσης του STEM στην εκπαίδευση

Για την υλοποίηση μιας προσέγγισης STEM ο εκπαιδευτικός οφείλει να ενσωματώσει όλες τις συνιστώσες του STEM έτσι ώστε η διδασκαλία να μπορεί να πραγματοποιηθεί με κάποιον από τους ακόλουθους τρόπους (Dugger & Fellow, 2010):

- Ενοποιημένη διδασκαλία των τεσσάρων επιστημονικών τομέων, εστιάζοντας σε μία ή δύο γνωστικές περιοχές.
- Να διδάσκεται κάθε κλάδος ξεχωριστά
- Ένταξη του ενός κλάδου στους υπόλοιπους
- Ενοποίηση όλων των κλάδων σε ένα πολύπλοκο θέμα

Η σχεδίαση μιας δραστηριότητας STEM αποτελεί το κυριότερο στάδιο και αποτελεί μια χρονοβόρα διαδικασία η οποία διέπεται από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά:

- Διεπιστημονική προσέγγιση κατά την οποία οι μαθητές αφομοιώνουν εις βάθος πληροφορίες και έννοιες που αρχικά έμοιαζαν ασύνδετες.
- Ένταξη της νέας γνώσης σε πραγματικές συνθήκες που απαιτούν τεχνολογικές λύσεις.
- Ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων και σύνδεση των πλαισιοθετημένων γνώσεων που προκύπτουν από τις αντιλήψεις των μαθητευόμενων.
- Πρόκληση ενδιαφέροντος μαθητών μέσα από δραστηριότητες που εντάσσονται στα πλαίσια της ανακαλυπτικής/διερευνητικής μάθησης.
- Εφαρμογή των προσεγγίσεων Problem-Based Learning και Project-Based Learning (Vasquez, Sneider & Comer, 2013).

Στη διαδικασία της σχεδίασης εστιάζουν και οι Mayes και Jackson (2016).

Real-world relevance	Learning rises to the level of authenticity when it asks students to work actively with abstract concepts, facts, and formulae inside a realistic—and highly social—context mimicking “the ordinary practices of the [disciplinary] culture.”
Ill-defined problem	Challenges cannot be solved easily by the application of an existing algorithm; instead, activities are relatively undefined and open to multiple interpretations, requiring students to identify the tasks and subtasks needed to complete the major task.
Sustained investigation	Authentic activities comprise complex tasks to be investigated by students over a sustained period of time.
Multiple sources and perspectives	Authentic activities provide the opportunity for students to examine the task from a variety of theoretical and practical perspectives, using a variety of resources, which requires students to distinguish relevant information in the process.
Collaboration	Authentic activities make collaboration integral to the task, both within the course and in the real world.
Reflection (metacognition)	Authentic activities enable learners to make choices and reflect on their learning, both individually and as a team.
Interdisciplinary perspective	Instead, authentic activities have consequences that extend beyond a particular discipline, encouraging students to adopt diverse roles and think in interdisciplinary terms.
Integrated assessment	Assessment is not merely summative in authentic activities but is woven seamlessly into the major task in a manner that reflects real-world evaluation processes.
Polished products	Authentic activities culminate in the creation of a whole product, valuable in its own right.
Multiple interpretations and outcomes	Rather than yielding a single correct answer obtained by the application of rules and procedures, authentic activities allow for diverse interpretations and competing solutions.

Πίνακας 1 Authentic Learning Design Elements (Mayes & Jackson, 2016, slide 9).

Στον παραπάνω πίνακα αναλύονται τα δέκα (10) στοιχεία σχεδιασμού της μάθησης, που κρίνεται ότι αυξάνουν το επίπεδο της διδασκαλίας.

1. Η Σχέση με τον πραγματικό κόσμο (Real-world relevance).
2. Το ασαφώς εκφρασμένο πρόβλημα (Ill –defined problem)
3. Η συνεχής διεξαγωγή έρευνας (Sustained investigation).

4. Οι πολυάριθμες πηγές και προοπτικές (Multiple sources and perspective)
5. Η Συνεργασία (Collaboration).
6. Η Μετάγνωση (metacognition).
7. Η Διεπιστημονική προοπτική (Interdisciplinary perspective)
8. Η Ολοκληρωμένη αξιολόγηση (Integrated assessment)
9. Τα επεξεργασμένα προϊόντα με σκοπό τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου προϊόντος (Polished products)
10. Ποικίλες ερμηνείες και αποτελέσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των κανόνων και των διαδικασιών (Multiple interpretations and outcomes).

Οι Stohlmann, Moore και Roehring (2012) ανέπτυξαν το μοντέλο s.t.e.m (support, teaching, efficacy, materials) που έχει σαν στόχο την ολοκληρωμένη, αυθεντική και επιτυχή εφαρμογή του STEM.

Support	
<ul style="list-style-type: none"> • Partner with a university or nearby school • Attend professional development • Teacher collaboration time • Curriculum company training and contacts 	
Teaching	
<i>Lesson Planning</i>	<i>Classroom Practices</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Focus on connections • Translations of representations • Understand student misconceptions • Understand student capabilities • Problem solving based • Student centered • Build on previous knowledge • Focus on big ideas, concepts, or themes • Integrate technology • Real world and cultural relevancy 	<ul style="list-style-type: none"> • Question posing and making conjectures • Justifying thinking • Writing for reflection • Focus on pattern understanding • Use assessment as part of instruction • Cooperative learning • Effective use of manipulatives • Inquiry
Efficacy	
<ul style="list-style-type: none"> • Content knowledge and pedagogical knowledge contribute to positive self-efficacy • Commitment to STEM education is vital • Planning and organization are critical 	
Materials	
<ul style="list-style-type: none"> • Technology resources • Broad view of technology • Materials kits for activities • Room space and storage for materials • Tables for group work 	

Στόχος των παραπάνω είναι η ενσωμάτωση του STEM στην εκπαιδευτική διαδικασία, να παρέχει στους μαθητευόμενους τη δυνατότητα συμμετοχής στην πραγματική επίλυση προβλημάτων μέσω πειραμάτων, επιστημονικής έρευνας, μοντελοποίησης και σχεδιασμού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω μαθητοκεντρικών τρόπων διδασκαλίας (Morrison, 2006).

2.3. STEM στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση και λόγοι για τους οποίους είναι απαραίτητη η ένταξη του στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Στην ελληνική εκπαίδευση εφαρμόζονται μέθοδοι διδασκαλίας οι οποίες δεν συνάδουν με όλες τις ομάδες μαθητών αλλά και το επίπεδο γνώσης τους και είναι κατά κύριο λόγο δασκαλοκεντρικές και γνωσιοκεντρικές. Εφαρμόζεται δηλαδή κατά κύριο λόγο ο παραδοσιακός τρόπος διδασκαλίας ο οποίος δεν προάγει την βελτίωση κριτικής σκέψης και ανάπτυξης δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων.

Πολλοί ερευνητές καθορίζουν την προσαρμοστικότητα, τη συνεργασία, τις κοινωνικές και επικοινωνιακές δεξιότητες, την αυτοδιαχείριση και τη συστηματική σκέψη, σαν απαραίτητες και προαπαιτούμενες δεξιότητες των εργαζομένων του 21ου αιώνα (Bybee, 2010; Windschitl, 2009).

Εκτός από τους παραπάνω λόγους σύμφωνα με το Βλάχο (2008), υπάρχουν και άλλοι επιτακτικοί λόγοι, όπως για παράδειγμα το ανταγωνιστικό περιβάλλον με το οποίο έρχονται αντιμέτωποι οι νέοι, εξαιτίας των οποίων χρειάζεται να πραγματοποιηθεί βελτίωση και εκσυγχρονισμός του εκπαιδευτικού συστήματος μέσω νέων ολιστικών μεθόδων διδασκαλίας που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας.

Σχετικά με τις γνώσεις που διδάσκονται είναι απομονωμένες μεταξύ τους και δεν είναι εμφανής η χρησιμότητα του περιεχομένου των γνώσεων αυτών στους

εκπαιδευόμενους, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να κατανοήσουν τις υποκείμενες έννοιες και να ενσωματώσουν αυτές τις πληροφορίες στην προϋπάρχουσα γνώση τους (Klausmeier, 1985).

Ο μεγάλος όγκος και ο συνεχής εμπλουτισμός της ύλης οδηγεί υποχρεωτικά τους μαθητές στην αφομοίωση συγκεκριμένων γνώσεων και όταν καλούνται να διαχειριστούν συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με ένα θέμα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να είναι αποδέκτες περισσότερων πληροφοριών συγκριτικά με αυτές που θα αποκτούσαν από μια διάλεξη και ενώ έχουν διδαχθεί μια πληροφορία προσφάτως, σε πραγματικές συνθήκες δεν την αναγνωρίζουν (Bransford, Brown, & Cocking, 2000).

Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω, τα τελευταία έτη έχει αναδειχθεί η μεθοδολογία STEM και εφαρμόζεται σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Sahin, 2013).

Παρόλα αυτά σε σχέση με άλλες εκπαιδευτικές βαθμίδες στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση η προσέγγιση STEM (και κατά επέκταση οι διεπιστημονικές δραστηριότητες που περιλαμβάνει), εφαρμόζονται πιο εκτεταμένα αφού εντάσσονται σε πολλές ενότητες των σχολικών βιβλίων του γνωστικού αντικειμένου της Πληροφορικής Γυμνασίου και διδάσκονται μέσω του Προγραμματισμού.

Αποτελεί επίσης ένα χρήσιμο και ενδιαφέρον εργαλείο εκπαίδευσης για τη διδασκαλία των γνωστικών αντικειμένων της Φυσικής και των Μαθηματικών. Συγκεκριμένα διευκολύνεται η διδασκαλία και η εκμάθηση δύσκολων εννοιών και φαινομένων, με αποτέλεσμα οι μαθητευόμενοι να κατανοούν πιο εύκολα, να εμβαθύνουν σε μια έννοια και συνολικά να κατακτούν και τα τρία είδη γνώσης (δηλωτική, διαδικαστική και πλαισιοθετημένη γνώση).

Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση το STEM δεν διδάσκεται ως Επιστήμη αλλά ως τρόπος διδασκαλίας άλλων γνωστικών αντικειμένων, αφού οι μαθητές μέσα από ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες εξοικειώνονται με το περιβάλλον του προγραμματισμού και την υλοποίηση σύνθετων αλγορίθμων.

2.5. Ρόλος Εκπαιδευτικού

Οι σύγχρονοι εκπαιδευτικοί καλούνται να ανταπεξέλθουν στις νέες εκπαιδευτικές προκλήσεις και το μέλλον των μαθητών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις γνώσεις

και τις δεξιότητες που μπορούν να τους μεταδώσουν εφαρμόζοντας τα σωστά εργαλεία (The Power of STEAM Education and Teacher Resource Availability, 2018).

Αυτές οι νέες προκλήσεις επιζητούν να μην ενεργούν μόνο στα πλαίσια της ειδικότητάς τους αλλά να προσεγγίσουν τη διεπιστημονικότητα. Κάτι τέτοιο προϋποθέτει ότι το STEM εντάσσει στις διαδικασίες του την εμπλοκή εκπαιδευτικών διαφόρων ειδικοτήτων, καθώς μια ομάδα ειδικών παρέχει βελτιωμένη ποιότητα πληροφοριών σε σύγκριση με τον εκπαιδευτικό της τάξης (Mayes & Gallant, 2018).

Για την εφαρμογή σύγχρονων διδακτικών παρεμβάσεων STEM στα σχολικά περιβάλλοντα ο σύγχρονος παιδαγωγός καλείται να αλλάξει τον παραδοσιακό τρόπο προσέγγισης της γνώσης και μέσα από τη συνεχή του επιμόρφωση στις Τ.Π.Ε. θα πρέπει να εφαρμόσει νέες εκπαιδευτικές πρακτικές στα πλαίσια της υποστήριξης του μαθητή για την κατάκτηση της νέας γνώσης.

Ωστόσο οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να αντιμετωπίσουν με ψυχραιμία όλο αυτό το μεγάλο όγκο των νέων πληροφοριών και να μην απαισιοδοξούν σε περιπτώσεις που είναι δύσκολο να εφαρμόσουν στην πράξη τα νέα δεδομένα, αλλά να ενταχθούν και οι ίδιοι στην ομάδα διερεύνησης μαζί με τους μαθητές (Mayes & Gallant, 2018). Σύμφωνα με τους Kennedy και Odell (2014) οι εκπαιδευτικοί που εφαρμόζουν διδακτικές προσεγγίσεις STEM οφείλουν να εφαρμόζουν τα παρακάτω:

- Να ενθαρρύνουν τους μαθητές με τέτοιο τρόπο ώστε να παρακινηθούν, να καινοτομήσουν και να διεξάγουν έρευνα
- Να χρησιμοποιούν τις σύγχρονες διδακτικές μεθόδους, καθώς παρέχουν ποικίλα εκπαιδευτικά οφέλη
- Να παρέχουν στους μαθητές διεπιστημονικές οπτικές ώστε να κατανοήσουν πως η εκπαίδευση STEM τους εντάσσει σε μια ευρύτερη κοινότητα
- Να εφαρμόζουν συνεργατική μάθηση ώστε να παρέχονται σε όλους τους μαθητές ίσες ευκαιρίες μάθησης
- Να εφαρμόζουν προσεγγίσεις που μοντελοποιούν έννοιες του πραγματικού κόσμου.

2.6. Πλεονεκτήματα μεθοδολογίας STEM

Ολοένα και περισσότεροι ερευνητές υποστηρίζουν πως η εκπαίδευση STEM είναι αναπόσπαστο κομμάτι της εκπαιδευτικής διαδικασίας, καθώς προσφέρει τεράστια πλεονεκτήματα σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία.

Ο Bybee (2010) θεωρεί πως η μεθοδολογία STEM έχει συνεισφέρει τα μέγιστα στη σύγχρονη εκπαίδευση, ενώ ο Sanders (2009) υποστηρίζει πως η εκπαίδευση STEM ενισχύει τη μάθηση.

Οι Bransford, Brown και Cocking (2000), υποστηρίζουν πως εξαιτίας του μαθητοκεντρικού της χαρακτήρα, η εκπαίδευση STEM παρέχει ένα ισχυρό περιβάλλον για την κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών.

Τα πλεονεκτήματα και την ανάγκη της εφαρμογής του STEM σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης επισημαίνει και ο Hurd (1998), καθώς θεωρεί πως θα πρέπει οι μέθοδοι διδασκαλίας να εναρμονιστούν με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την ποιότητα ζωής, θεωρώντας ως αξίωμα ότι η επιστήμη χαρακτηρίζεται από ολιστικότητα και διεπιστημονικότητα.

Επιπλέον τα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει η σύγχρονη παγκόσμια κοινωνία είναι πολυδιάστατα και πολυεπιστημονικά και απαιτούν την προσαρμογή των πολιτών στις νέες αυτές διαστάσεις και στα νέα δεδομένα.

Τη λύση στα παραπάνω προβλήματα παρέχει το STEM καθώς οι μαθητές μέσα από τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων που κατακτούν, αποκτούν το κατάλληλο υπόβαθρο για την αντιμετώπιση τέτοιων προβλημάτων στη μετέπειτα επαγγελματική τους σταδιοδρομία, αλλά και στην καθημερινή και προσωπική τους ζωή (Honey, Pearson & Schweingruber, 2014).

Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεθοδολογίας STEM είναι η κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών σε ορισμένα μαθήματα, όπως τα μαθηματικά και οι φυσικές επιστήμες για τα οποία συχνά δεν εκδηλώνουν ικανοποιητικό μαθησιακό ενδιαφέρον όταν διδάσκονται ξεχωριστά και δεν εφαρμόζονται σε πρακτικές εφαρμογές (Mayes & Gallant, 2018).

Στα κυριότερα πλεονεκτήματά της εκπαίδευσης STEM κατατάσσεται και η ανάπτυξη της συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων καθώς μέσα από τις δραστηριότητες STEM οι μαθητές επικοινωνούν, επιχειρηματολογούν, ανταλλάσσουν

ιδέες και απόψεις και βελτιώνουν τις επικοινωνιακές τους δεξιότητες (Mayes & Gallant, 2018).

Ένας επιπλέον λόγος που καθιστά σημαντική την εκπαίδευση STEM είναι πως οι μαθητές μέσω των παραδοσιακών μεθόδων διδασκαλίας κατακτούν επιφανειακά τη γνώση και δεν καταλήγουν στο προσδοκώμενο αποτέλεσμα μάθησης (Sanders, 2009).

Σε αντίθεση με τις κλασικές μεθόδους διδασκαλίας, οι δραστηριότητες STEM χαρακτηρίζονται από βιωματικές μεθόδους διδασκαλίας που βοηθούν τους μαθητές να αποκτήσουν βαθύτερη και ουσιαστικότερη γνώση συμμετέχοντας ενεργά.

Το επόμενο θετικό στοιχείο που συναντάται στην εκπαίδευση STEM είναι η ανάπτυξη κινήτρων από τους μαθητές. Σύμφωνα με τον Sanders (2009) τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή δραστηριοτήτων STEM, όπως η αύξηση των μαθητικών επιδόσεων και η ανάπτυξη κινήτρων, είναι αρκετά ώστε να δικαιολογήσουν την περαιτέρω διερεύνηση και πρακτική εφαρμογή της μεθοδολογίας (Sanders, 2009, σ. 22).

Οι Mayes R. & Gallant B. (2018), έπειτα από διεξαγωγή έρευνας στην οποία συμμετείχαν 868 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, διαπίστωσαν στατιστικά σημαντική βελτίωση των ενδογενών κινήτρων των μαθητών μέσα από την εμπλοκή τους σε δραστηριότητες STEM. Παρατηρήθηκε επίσης πως οι συγκεκριμένοι μαθητές ανέπτυξαν θετική στάση σχετικά με την επίλυση προβλημάτων, αύξηση της ενασχόλησής τους με τα μαθήματα των τεσσάρων περιοχών του STEM, ενισχύθηκε η σχολική τους επίδοσή, ανέπτυξαν ενδιαφέρον για την επαγγελματική σταδιοδρομία STEM, κατανόησαν την έννοια της διεπιστημονικότητας, αντιμετώπισαν με ευκολία τα σύνθετα προβλήματα του πραγματικού κόσμου και κατανόησαν την σημαντικότητα και την ανάγκη του να είναι κανείς εγγράμματος πολίτης (Mayes & Gallant, 2018).

Επόμενο πλεονέκτημα των δραστηριοτήτων STEM σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση των Sen, Ay και Kiray (2018) είναι ότι μέσα από την εφαρμογή τους οι μαθητές αναπτύσσουν δεξιότητες μηχανικής σχεδίασης (engineering based design skills), επιστημονικών διαδικασιών (scientific process skills), δεξιότητες επαγγελματικής σταδιοδρομίας, δημιουργικότητας, καινοτομίας και ψηφιακού εγγραμματισμού.

Ένας άλλος εξίσου σημαντικός λόγος της ένταξης του STEM στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι η σημαντική θέση που κατέχει στους δείκτες της παγκόσμιας οικονομίας. Γι' αυτό το λόγο αρκετά ισχυρά κράτη όπως οι Η.Π.Α ενισχύουν τις χρηματοδοτήσεις επενδύοντας μεγάλα χρηματικά ποσά στο συγκεκριμένο τομέα (STEM Education National Science & Technology Council, 2011). Με αυτό τον τρόπο η επιστημολογία STEM αναβαθμίζεται και συγχρονίζεται με τις εξελίξεις της εποχής.

Επιπρόσθετα τα τελευταία έτη παρατηρείται διαρκής αύξηση της ζήτησης δεξιοτήτων που σχετίζονται με τη μεθοδολογία STEM. Πρωταρχικό λοιπόν στόχο της μελλοντικής οικονομίας θα αποτελέσει η δημιουργία θέσεων εργασίας με απώτερο σκοπό τις καινοτόμες λύσεις που θα απορρέουν από την πρόοδο της Επιστήμης και της Μηχανικής (NRC, 2011).

Για τους παραπάνω λόγους έχει αυξηθεί ιδιαίτερα το ενδιαφέρον της επαγγελματικής αποκατάστασης σε τομείς σχετιζόμενους με το STEM, αφενός λόγω της μεγάλης ζήτησής τους στην αγορά εργασίας και αφετέρου λόγω των ικανοποιητικών εισοδημάτων που αποφέρουν (Gunn, 2017).

Κατά τους Frykholm & Glasson (2005), μέσω της διεπιστημονικότητας οι εκπαιδευόμενοι προσλαμβάνουν ενδιαφέρουσες εμπειρίες και γνώσεις μέσω της παρατήρησης και της πρακτικής εφαρμογής, ενώ ο Morrison (2006) θεωρεί πως μέσω της μεθοδολογίας STEM οι εκπαιδευόμενοι καθίστανται ικανοί λύτες προβλημάτων, καινοτόμοι, εφευρέτες, τεχνολογικά εγγράμματοι και λογικά σκεπτόμενοι πολίτες.

Τέλος κατά τους Kelley και Knowles (2016) η εκπαίδευση STEM προάγει τη μάθηση, την ανάπτυξη κριτικής σκέψης και το ενδιαφέρον των μαθητών.

2.7. Προβληματισμοί σχετικά με την εφαρμογή της εκπαίδευσης STEM

Τα μειονεκτήματα και οι προβληματισμοί που έχουν εκφραστεί κατά καιρούς σχετικά με το STEM πηγάζουν από σημαντικές παρανοήσεις οι οποίες σύμφωνα με τον Morisson (2006) είναι οι ακόλουθες:

- Η Τεχνολογία ισοδυναμεί με επιπλέον αριθμό ηλεκτρονικών υπολογιστών για σχολεία και μαθητές.

- Η Μηχανική και η Τεχνολογία αποτελούν επιπρόσθετα μαθήματα.
- Πρακτική είναι η ενεργητική μάθηση μέσω πρωτοκόλλων.
- Οι τεχνολογικά καταρτισμένοι εκπαιδευτικοί αλλά και οι Μηχανικοί δεν μπορούν να διδάσκουν τα γνωστικά πεδία των Μαθηματικών και της Επιστήμης.
- Η εκπαίδευση της Τεχνολογίας είναι ανόμοια με την εκπαίδευση της Μηχανικής.
- Η εκπαίδευση STEM απευθύνεται μόνο σε θέματα εργατικού δυναμικού.
- Η μεθοδολογία STEM παραλείπει την εργασία στο εργαστήριο και την επιστημονική μέθοδο.
- Οι μαθητές μέσω εκπαίδευσης STEM θα επιλέξουν τεχνικούς τομείς.

Ένα επιπλέον σοβαρό που προκύπτει σχετικά με την εκπαίδευση STEM είναι ο τρόπος εφαρμογής της στη σχολική αίθουσα, καθώς λίγοι είναι εκείνοι οι εκπαιδευτικοί που γνωρίζουν πώς να εντάξουν σωστά και αυθεντικά τις δραστηριότητες STEM στη διδασκαλία τους (Breiner et al. 2012).

Γι' αυτό το λόγο η ενσωμάτωση του STEM στη διδακτική πράξη θα πρέπει να πραγματοποιείται μέσω κατάλληλων στρατηγικών προσεγγίσεων, έτσι ώστε οι μαθητές να αποκτήσουν νέες εμπειρίες, να βελτιώσουν το επίπεδο κριτικής σκέψης τους, αλλά και το επίπεδο απομνημόνευσης της νέας γνώσης και αποκτήσουν δεξιότητες επίλυσης προβλήματος (Stohlmann, Moore & Roehrig, 2012).

Αναφορικά με τις εμπειρίες που αποκτούν οι μαθητές μέσω της εκπαίδευσης STEM θα πρέπει να είναι γνήσιες, να αποκτούνται δηλαδή κάτω από πραγματικές συνθήκες στα πλαίσια βιωματικών μεθόδων διδασκαλίας και να παρέχουν ευκαιρίες μάθησης καθώς όπως αναφέρει ο Dewey η πεποίθηση ότι η γνήσια εκπαίδευση προέρχεται από την εμπειρία δεν σημαίνει ότι όλες οι εμπειρίες είναι γνήσιες (Dewey, 1938 σ. 25).

Ο επόμενος προβληματισμός σχετίζεται με το επίπεδο του βαθμού στον οποίο οι εκάστοτε εκπαιδευτικοί είναι ικανοί να πραγματοποιήσουν τις συνδέσεις μεταξύ των επιμέρους κλάδων του STEM ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν πως οι γνώσεις που κατακτούν εφαρμόζονται σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

Η National Academy of Science (NAE) και η National Research Council (NRC) (2014), σε κοινή τους έρευνα διατύπωσαν πως η σύνδεση μεταξύ των κλάδων του STEM είναι εξαιρετικά δύσκολη υπόθεση για τους μαθητές και γι αυτό το λόγο

χρειάζονται άμεση ενίσχυση ώστε να χρησιμοποιούν τις μαθηματικές τους ιδέες αλλά και να τις αναδιοργανώνουν σε ένα μηχανικό ή τεχνολογικό σχεδιασμό.

Μια άλλη δυσκολία της προσέγγισης STEM όπως διαπιστώθηκε σε έρευνα που πραγματοποίησε η εταιρεία STEM CONNECTOR, αφορά τις μελλοντικές εργασιακές δυσκολίες που θα καλεστούν να αντιμετωπίσουν οι σημερινοί φοιτητές, καθώς εκφράζουν την ανησυχία και τη βεβαιότητα τους πως στα πανεπιστήμια που διδάσκεται το STEM δεν παρέχονται οι απαραίτητες δεξιότητες που απαιτούν οι εργασιακές θέσεις του μέλλοντος.

Εξαιτίας των συγκεκριμένων πεποιθήσεων παρατηρείται μείωση της εισαγωγής φοιτητών σε κλάδους του STEM καθώς υπάρχει η πεποίθηση πως αφορά μόνο ένα συγκεκριμένο ποσοστό άριστων σπουδαστών και πως τα Μαθηματικά απευθύνονται σε ελάχιστους (Ejiwale, 2013).

Ο Sanders (2009), προτείνει να αναζητηθούν ανάλογοι τρόποι για την ενίσχυση και τη διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητών σχετικά με την εκπαίδευση STEM.

Η λύση όπως προτείνει ο Guijosa (2018) είναι η κατάλληλη κατάρτιση και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών ώστε να μπορούν να εφαρμόσουν με επιτυχία STEM προσεγγίσεις και η εναρμόνιση τους με το γεγονός πως η καινοτομία απαιτεί διεπιστημονικότητα.

Κεφάλαιο 3. STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics)

3.1 Η μεθοδολογία STEAM και η έννοια της «Τέχνης»

Τα τελευταία χρόνια ορισμένοι εκπαιδευτικοί πρότειναν την ενσωμάτωση των Τεχνών στην εκπαίδευση STEM (Gunn, 2017b).

Έτσι παρουσιάστηκε μια νέα διάσταση της μεθοδολογίας του STEM, η οποία βιβλιογραφικά αναφέρεται ως STEAM και αποτελεί μια πιο εξελιγμένη εκδοχή του STEM. Το γράμμα “A” του νέου αυτού ακρωνυμίου αναφέρεται στις Τέχνες (Art).

Οι Yakman και Hyonyong (2012) αναφέρουν πως η μεθοδολογία STEAM είναι ένα οικοδόμημα που σαν βάση του έχει τα Μαθηματικά και σαν βασικούς πυλώνες των εκπαιδευτικών αλλαγών την Επιστήμη και την Τεχνολογία, στις οποίες προσδίδεται νόημα μέσω της Μηχανικής και των Τεχνών.

Μέσα από την εφαρμογή της μεθοδολογίας STEAM στην εκπαιδευτική πράξη οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες οργάνωσης μέσω των Μαθηματικών, ενώ με τη βοήθεια της Τεχνολογίας ερευνούν σαν Επιστήμονες ή Ιστορικοί, ώστε να μπορούν να κατανοούν τις διεθνείς εξελίξεις και να επικοινωνούν σχετικά με το τι είναι απαραίτητο σε επίπεδο Μηχανικής, με απώτερο στόχο την παγκόσμια βιωσιμότητα (STEAM Education Program Description, 2014).

Ως απόρροια των παραπάνω, κατακτούν τις λεγόμενες soft skills δεξιότητες, συμπεριλαμβανομένων των ηγετικών ικανοτήτων, των διαπροσωπικών ικανοτήτων, των επικοινωνιακών δεξιοτήτων, του ήθους και γενικά όλων των δεξιοτήτων δημιουργίας που απαιτεί ο ψηφιακός κόσμος του 21ου αιώνα. Όλες αυτές οι δεξιότητες είναι πολύ σημαντικές για τις επιστήμες και την τεχνολογία αλλά και το αντίστροφο (“Cultural Learning Alliance”, 2017, p.12).

Άλλωστε τα τελευταία χρόνια σύμφωνα με το άρθρο «*The Power of STEAM Education and Teacher Resource Availability*» (2018), η αγορά εργασίας αναζητά υποψήφιους εργαζομένους οι οποίοι είναι απαραίτητο να κατέχουν όλες τις παραπάνω δεξιότητες.

Εκτός από την ενίσχυση κοινωνικών και προσωπικών δεξιοτήτων (soft skills) η εκπαίδευση STEAM ενισχύει το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών και προσελκύει όλο και περισσότερους μαθητές σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες STEM (Gunn, 2017b).

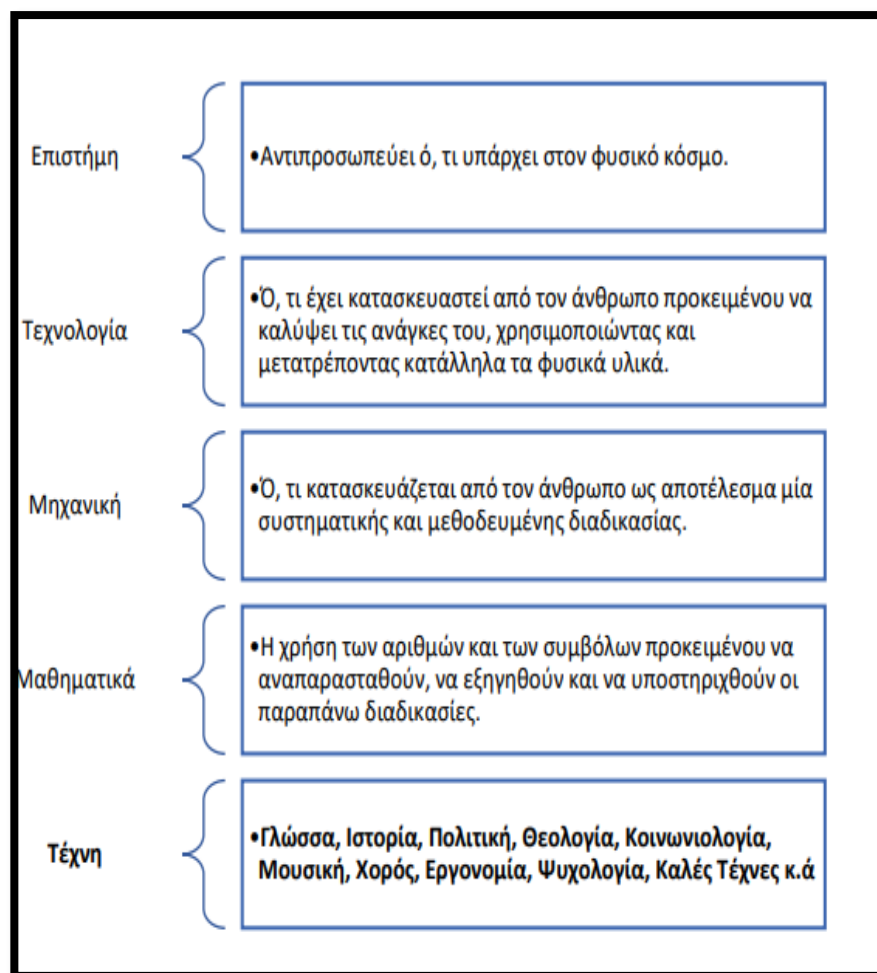
3.1.2 Ευρύτερη οριοθέτηση της «Τέχνης»

Μια διαφοροποιημένη εκδοχή ορισμού του “Α” της εκπαίδευσης STEAM προτείνει ο Sanders (2009) καθώς υποστηρίζει πως η μελέτη της τεχνολογίας είναι αλληλένδετη με τη μελέτη των κοινωνικών σπουδών και της τέχνης.

Σύμφωνα με την άποψη του Sanders είναι και European Commission, όπου στο εγχειρίδιο «Science Education for Responsible Citizenship» (2015) αναφέρει μεταξύ άλλων, πως η ενοποίηση μεταξύ των πεδίων του STEM και όλων των υπολοίπων κλάδων παρέχει καινοτόμες ιδέες και δημιουργικά αποτελέσματα. Υποστηρίζει δε πως το “Α” μιας ολοκληρωμένης διδασκαλίας STEAM δεν συμπεριλαμβάνει μόνο στις Τέχνες αλλά και άλλους κλάδους μαθημάτων όπως οι Κοινωνικές Επιστήμες, οι Ξένες Γλώσσες, η Ιστορία κτλ. Δηλαδή (“Α” from ALL).

Συνεπώς σύμφωνα με αυτή την άποψη η Τέχνη οριοθετείται ευρύτερα και σύμφωνα με το STEAM Education Program Description (2014), αντιπροσωπεύει:

1. Τις Φιλολογικές Επιστήμες που σαν στόχο τους έχουν την κοινοποίηση και το διαμοιρασμό της νέας γνώσης
2. Τον αθλητισμό, το Χορό και γενικότερα τη σωματική έκφραση
3. Τις Καλές Τέχνες
4. Τη Μουσική, η οποία συνδέεται άμεσα με τα μαθηματικά μέσω του ρυθμού και της αρμονίας και
5. Τις Κοινωνικές Επιστήμες.



Εικόνα 2 Οι πυλώνες της μεθοδολογίας STEAM και οι γνωστικές περιοχές που αντιπροσωπεύουν (Yakman & Hyonyong, 2012).

Η παραπάνω εικόνα παριστάνει τη σχέση μεταξύ των πέντε(5) πυλώνων του STEAM.

3.1.3.Προϋποθέσεις ανάπτυξης και εφαρμογής ενός προγράμματος STEAM

Η εφαρμογή ενός προγράμματος STEAM σύμφωνα με το Steamportal (2014), απαιτεί ορισμένες προϋποθέσεις σε επίπεδο Αναλυτικού Προγράμματος, εκπαιδευτικού προσωπικού καθώς και σε επίπεδο διδακτικής πράξης.

Επίπεδο Αναλυτικού Προγράμματος

Τα Αναλυτικά προγράμματα θα πρέπει να αναδιαμορφωθούν με τέτοιο τρόπο ώστε σαν στόχο τους να έχουν την ανάπτυξη θεμάτων τα οποία μπορούν να διερευνηθούν μέσω της μεθοδολογίας, αλλά και να επικεντρωθούν στις δεξιότητες και όχι σε μεμονωμένα διδακτικά αντικείμενα.

Επίπεδο Εκπαιδευτικού προσωπικού

Σε επίπεδο εκπαιδευτικού προσωπικού θα πρέπει να παρέχεται η κατάλληλη εκπαίδευση και κατάρτιση των διδασκόντων, καθώς και ενίσχυση των συνεργατικών δεξιοτήτων.

Επίπεδο διδακτικής πράξης

Οι αλλαγές σε αυτό το επίπεδο θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν νέες μεθόδους αξιολόγησης αντί των παραδοσιακών, ανάπτυξη συνεργατικών δεξιοτήτων, αξιοποίηση όλων των τεχνολογικών μέσων και εργαλείων, νέα διαδραστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα με στόχο την παρακίνηση των μαθητών, ενασχόληση με διαθεματικά θέματα εργασίας και τέλος ενίσχυση της ενσωμάτωσης των πέντε (5) πυλώνων σε κοινά σχέδια μαθήματος, μέσω της ανάπτυξης κατάλληλων στρατηγικών μάθησης.

3.1.4. Πλεονεκτήματα ενσωμάτωσης μεθοδολογίας STEAM στη διδακτική πράξη

-

Η μεθοδολογία STEM ενώνει τους αντικρουόμενους τομείς των θεωρητικών και των θετικών επιστημών, καθώς μέσα από την τέχνη δημιουργούνται καινοτόμες και δημιουργικές μαθησιακές εμπειρίες (Catchen, 2013).

Οι δραστηριότητες STEAM εμπλέκοντας ενεργά τους εκπαιδευόμενους στην μαθησιακή διαδικασία, προσφέρουν ευκαιρίες επιτυχίας σε όλους, ενισχύουν την ανάπτυξη της προσωπικότητας και μέσα από μοντέλα, κατασκευές, αναλογίες, τεχνικές και μεθόδους ενεργοποιούν το δεξί τμήμα του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνο για την δημιουργικότητα και την καινοτομία (Yakman, 2012).

Κεφάλαιο 4. Υπολογιστική Σκέψη (*Computational Thinking*)

Η Υπολογιστική Σκέψη είναι μια βασική έννοια για την Υπολογιστική Επιστήμη και τα τελευταία χρόνια έχει απασχολήσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας (Yasar, 2008).

Η Υπολογιστική Επιστήμη περιλαμβάνει τρεις περιοχές:

- μαθηματική μοντελοποίηση για τα φαινόμενα
- αριθμητικές μέθοδοι για τους επιστημονικούς υπολογισμούς και την οπτικοποίηση
- τη γνωστική περιοχή που επιχειρεί να μελετήσει (Yasar, 2008).

Θεωρείται απαραίτητη δεξιότητα και χρήσιμο εργαλείο της σύγχρονης εποχής, καθώς εκτός από την Επιστήμη των Υπολογιστών έχει εφαρμογή και σε ποικίλους τομείς της καθημερινής ζωής .

Για τους λόγους αυτούς κρίνεται απαραίτητο να ενσωματωθεί η εκμάθησή της σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης.

4.1 Ιστορική αναδρομή του όρου Υπολογιστική Σκέψη

Ο όρος υπολογιστική σκέψη εισήχθη πρώτη φορά από τον Seymour Papert το 1980, στην διατριβή του για τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που παρείχαν τρόπους για την αλγοριθμική επίλυση των προβλημάτων (Papert,1980,1991; Bers, 2010).

Ο Seymour Papert θεωρείται ο αρχικός εισηγητής της γλώσσας προγραμματισμού LOGO. Σύμφωνα με τη θεωρία του, αυτή η γλώσσα διευκολύνει την ανάπτυξη δεξιοτήτων για τη διαδικαστική σκέψη, και επίσης ανέπτυξε τη θεωρία για τον κατασκευαστικό εποικοδομισμό (constructionism) (Tedre & Denning, 2016).

Υποστήριξε πως μέσω της υπολογιστικής ικανότητας δημιουργείται ισχυρή υποδομή για τη μάθηση (Weintrop & Wilensky, 2013).

Εκτός από τον θεωρητικό και τον πειραματικό τρόπο έρευνας, στον τομέα των Επιστημών προστέθηκε και ένας νέος συνδυασμός για την υπολογιστική μοντελοποίηση και προσομοίωση, στον οποίο ο Kenneth Wilson (1982) έδωσε την ονομασία Υπολογιστική Επιστήμη (Computational Science) .

Ως κύριο στοιχείο της η Υπολογιστική Επιστήμη διαθέτει την απαιτούμενη νοητική διεργασία για τον σχεδιασμό, τον έλεγχο και την υπολογιστική μοντελοποίηση, η οποία ονομάζεται Υπολογιστική Σκέψη (Denning, 2017b).

Η έννοια της Υπολογιστικής Σκέψης επανήλθε το 2006 από την Jeanette Wing, η οποία υποστήριξε ότι αποτελεί μία βασική δεξιότητα που θα πρέπει να κατέχουν όλοι οι εκπαιδευόμενοι τον 21ο αιώνα, καθώς με αυτήν προάγονται η επίλυση του προβλήματος, ο σχεδιασμός συστημάτων και η κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Την θεωρεί ως μια βασική ικανότητα η οποία θα πρέπει να

κατακτάται μαζί με τις υπόλοιπες τρεις βασικές δεξιότητες, δηλαδή την ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική (Wing, 2006).

Το 2008 η J.Wing προέβη στην ένωση της Μαθηματικής σκέψης και της Μηχανικής (engineering), δίνοντας βαρύτητα στον σχεδιασμό συστημάτων τα οποία θα συμβάλουν στην επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων.

4.2. Ορισμοί Υπολογιστικής Σκέψης

Σχετικά με τον προσδιορισμό της έννοιας της Υπολογιστικής Σκέψης έχουν διατυπωθεί αρκετοί ορισμοί από αρκετούς ερευνητές, με τον τελευταίο επίσημο ορισμό να έχει δοθεί το 2006 (Selby, 2015).

Στη συνέχεια παραθέτουμε ορισμένες απόπειρες ορισμών εξ αυτών που συναντούμε στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας:

«Η Υπολογιστική Σκέψη περιλαμβάνει την επίλυση προβλημάτων, το σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς σύμφωνα με τις βασικές έννοιες της επιστήμης των υπολογιστών» (Wing, 2006).

Σύμφωνα με τους Yadav και συνεργάτες (2014,p.1) η υπολογιστική σκέψη (Computational thinking), είναι ο ορισμός της νοητικής (mental) δραστηριότητας η οποία επιτελείται προκειμένου να επιλυθούν αφαιρετικά προβλήματα και να διαμορφωθούν λύσεις που δύνανται να αυτοματοποιηθούν, ενώ σύμφωνα με τους (Selby & Woollard, 2014) είναι ο ορισμός της γνωστικής διαδικασίας η οποία στοχεύει στην επίλυση του προβλήματος με τη χρήση αφαίρεσης, τμηματοποίησης, αλγοριθμικού σχεδιασμού, αξιολόγησης και γενίκευσης.

Το 2011 η J.Wing ορίζει την Υπολογιστική Επιστήμη ως σύνολο νοητικών διεργασιών που εμπλέκονται στην επίλυση των προβλημάτων με ανάλογο τρόπο που να επιτρέπει την αποτελεσματική διεκπεραίωσή τους από ένα μέσο επεξεργασίας πληροφοριών (Wing, 2011).

Σύμφωνα με τον Guzdial (2008) η Υ.Σ. είναι ένας τρόπος για να σκεφτόμαστε πώς να σκεφτόμαστε σχετικά με υπολογισμούς.

Ο Denning (2009) συμπεριέλαβε στον όρο τα προβλήματα ως πληροφοριακές διαδικασίες και τις λύσεις τους ως αλγόριθμους.

«Υπολογιστική Σκέψη είναι μια διαδικασία επίλυσης προβλημάτων που περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως η λογική οργάνωση, η ανάλυση δεδομένων, η δημιουργία λύσεων με την εφαρμογή διαδοχικών βημάτων (αλγόριθμοι) και στάσεων όπως είναι η ικανότητα διαχείρισης πολυπλοκότητας και ανοιχτών προβλημάτων, με βεβαιότητα. Η Υπολογιστική Σκέψη είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη εφαρμογών πληροφορικής, ενώ μπορεί να αξιοποιηθεί και στην υποστήριξη επίλυσης προβλημάτων σε όλους τους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των μαθηματικών, των επιστημών και των ανθρωπιστικών επιστημών» (Google for Education: Computational Thinking, 2011).

Το 2012 ο Alfred Aho διαφοροποίησε τον ορισμό της J.Wing και υποστήριξε πως Υπολογιστική Σκέψη είναι οι νοητικές διεργασίες που συμμετέχουν στην επίλυση των προβλημάτων, με τρόπο που οι λύσεις να είναι αποτέλεσμα μιας σειράς αλγοριθμικών βημάτων (Aho,2012).

Βασική έννοια της Υπολογιστικής Επιστήμης για τον Alfred Aho ήταν η αφαίρεση την οποία θεωρούσε υπολογιστική μοντελοποίηση (Denning, 2017b).

«Υπολογιστική Σκέψη είναι η διαδικασία αναγνώρισης πτυχών της υπολογιστικής στον κόσμο που μας περιβάλλει και η εφαρμογή εργαλείων και τεχνικών της Επιστήμης των Υπολογιστών για την κατανόηση και αιτιολόγηση τόσο των φυσικών όσο και των τεχνικών συστημάτων και διαδικασιών» (The Royal Society, 2012).

Χρονολογία	Γενικοί Ορισμοί	Λειτουργικοί Ορισμοί	Εκπαιδευτικοί Ορισμοί
2006	Wing		
2009		Lu & Fletcher	
2009	Denning		
2010	Ater – Kranov		
2011	Wing		
2011		ISTE & CSTA	
2011			Google Exploring CT
2012	Aho		
2012	Royal Society		
2012			Brennan & Resnick
2014		Selby & Woollard	
2015			CAS
2016	García-Peñalvo		
2016	CSTA		

Γενικότερα οι ορισμοί της Υπολογιστικής Σκέψης σύμφωνα με βιβλιογραφικές αναφορές αρκετών ερευνητών όπως οι (CSTA & ISTE, 2011); (Curzon, Dorling, Ng, Selby, & Woollard, 2014); (Selby, 2015) διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες όπως προκύπτει και από τον παραπάνω πίνακα.

- Η πρώτη κατηγορία συμπεριλαμβάνει τους γενικούς ορισμούς.
- Η δεύτερη περιλαμβάνει πιο ειδικούς ορισμούς της έννοιας,
- Η τρίτη κατηγορία αποτελείται από εκπαιδευτικούς ορισμούς που προορίζονται για εφαρμογή σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα (R.Gonzalez, P.Gonzalez, & J.Fernandez, 2017).

Έως και σήμερα η επιστημονική κοινότητα δεν έχει καταλήξει σε ένα επίσημο ορισμό, καθώς δεν ταυτίζονται οι απόψεις και οι θεωρίες των επιστημονικών ερευνητών και των χαρακτηριστικών που της προσδίδουν.

Γίνεται όμως σαφές πως διαχωρίζεται από τους επιστημονικούς κλάδους της Επιστήμης, των Μαθηματικών και της Μηχανικής (Denning, 2017a).

4.3. Διαστάσεις Υπολογιστικής Σκέψης

Οι διαστάσεις της Υπολογιστικής Σκέψης σύμφωνα με τους περισσότερους ερευνητές είναι οι ακόλουθες:

1. Η αφαιρετική σκέψη

Σύμφωνα με τη Wing (2006) η αφαιρετική σκέψη έχει πολλά επίπεδα και αφορά στην απόκρυψη των περιττών λεπτομερειών. Στην πραγματικότητα δηλαδή πραγματοποιεί διαχωρισμό της σημαντικής πληροφορίας από την περιττή. Διαχωρίζει την ουσία μιας διαδικασίας από τις λεπτομέρειες (Wing, 2006).

Ουσιαστικά η αφαίρεση διαχειρίζεται την πολυπλοκότητα των προβλημάτων.

Εφαρμόζεται ευρέως σε πολλούς τομείς και θεωρείται ως ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία της Υπολογιστικής Σκέψης. Δεν αφορά μόνο την επιστήμη της Πληροφορικής.

Η χρήση της αφαίρεσης αποσκοπεί στο να καθορίζει πρότυπα, να γενικεύει αποτελέσματα και να τα προβλέπει, να παραμετροποιεί τη σκέψη, με τρόπο που ένα αντικείμενο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συλλεχθούν οι βασικές ιδιότητες σε μια σειρά αντικειμένων, και παράλληλα να απομακρυνθούν οι διαφορές μεταξύ τους. Κρίνεται απαραίτητη για την επίλυση προβλημάτων και εστιάζει στα βασικά συστατικά που είναι προς εξέταση, ενώ διατηρείται η αρχική έννοια του προβλήματος χωρίς να αλλοιώνεται (Wing, 2014).

Ο Denning (2011) υποστηρίζει πως η αφαιρετική σκέψη είναι πολύ σημαντική ιδιότητα και θα πρέπει να περιλαμβάνεται στην υπολογιστική σκέψη μαζί με τον προγραμματισμό.

2. Τμηματοποίηση

Η έννοια της τμηματοποίησης ή αλλιώς διάσπασης χρησιμοποιείται κυρίως στη διαχείριση πολύπλοκων προβλημάτων και αφορά το διαχωρισμό ενός προβλήματος σε υποπροβλήματα που δεν διασπώνται περαιτέρω, με σκοπό κάθε τμήμα να μπορεί να αντιμετωπιστεί μεμονωμένα και να επιλυθεί με πιο εύκολο τρόπο (Wing, 2006).

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η σύνθεση των υποπροβλημάτων να οδηγεί στην αρχική έννοια (Grover et.al, 2017).

Ο Dann Edelson υποστηρίζει πως η δημιουργία λύσεων απαιτεί την τμηματοποίηση των προβλημάτων και ακολούθως την ενοποίηση αυτών (Selby και Woollard, 2014).

3. Γενίκευση

Σύμφωνα με τους Barr και Stephenson (2011), γενίκευση είναι η δεξιότητα των μαθητών για τη μεταβίβαση της διαδικασίας για την επίλυση ενός προβλήματος σε μια ομάδα από παρόμοιες περιπτώσεις προβλημάτων.

Ένας από τους κυριότερους τρόπους εφαρμογής της γενίκευσης είναι το να βρεθεί και να διατυπωθεί μιας λύση η οποία να είναι εφαρμόσιμη σε περισσότερες από μία περιπτώσεις, δηλαδή το να μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί μια ήδη υπάρχουσα λύση σε ένα άλλο πρόβλημα (Angeli, et al., 2016).

Η έννοια της γενίκευσης χρησιμοποιείται αρκετές φορές στον προγραμματισμό και στη σχεδίαση αλγορίθμων και περιλαμβάνει την αναγνώριση επαναλαμβανόμενων δεδομένων - στοιχείων, με απώτερο σκοπό την ταξινόμησή τους σε κατηγορίες, την αναγνώριση μιας -αποδεδειγμένης σε αποτελεσματικότητα- επίλυσης προβλημάτων, καθώς και την εφαρμογή τους στην επίλυση παρόμοιων προβλημάτων ώστε να μειωθεί η πολυπλοκότητα ενός προβλήματος ή μιας διαδικασίας (Grover & Pea, 2018).

4.Αλγοριθμική σκέψη

Στην Υπολογιστική Σκέψη η ικανότητα αλγοριθμικής σκέψης κρίνεται απαραίτητη για τη διατύπωση της λύσης ενός προβλήματος.

Αυτή η ικανότητα έχει σχέση με την καταγραφή των βημάτων της εκτέλεσης ενός προγράμματος, οδηγώντας τον προγραμματιστή στην επίλυση τυχόν ασαφειών ή λογικών ασυνεπειών οι οποίες δεν είναι εμφανείς.

Αλγόριθμος λοιπόν είναι η ικανότητα να ορίζονται ξεκάθαρες, συγκεκριμένες και σαφείς οδηγίες για να υλοποιηθεί μια διαδικασία (ebooks, 2013).

Η δημιουργία ενός αλγορίθμου προϋποθέτει να σχεδιαστεί ένα πλάνο εργασίας, θέτοντας ως μακροπρόθεσμο στόχο τη δυνατότητα μελλοντικής επαναχρησιμοποίησης του αλγορίθμου και σε άλλα προβλήματα. Τα χαρακτηριστικά της σχεδίασης ενός αλγορίθμου είναι ένας συνδυασμός από υποθετική λογική και παρουσίαση οδηγιών για να επιλυθεί ένα περίπλοκο πρόβλημα με μια σταδιακή προσέγγιση (Kazimoglu et al, 2012).

Σύμφωνα με τον Gerald Sussman, η υπολογιστική σκέψη ορίζεται ως ένας τρόπος για τον σχεδιασμό σαφών οδηγιών προκειμένου να εκπληρωθούν κάποιες εργασίες (Selby & Woollard, 2014).

4. Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση εφαρμόζεται κατά τη διαδικασία της επίλυσης ενός προβλήματος είτε στο στάδιο του σχεδιασμού της λύσης είτε σε μετέπειτα χρόνο, και ελέγχει την αποτελεσματικότητα καθώς και το βαθμό αποδοτικότητας των πόρων που χρησιμοποιήθηκαν (Csizmadia, et al., 2015).

4.4. Επιστημονικοί τομείς που επηρεάζονται από την υπολογιστική σκέψη

Η υπολογιστική σκέψη επηρεάζει την έρευνα σε σχεδόν όλους τους κλάδους, και στις θετικές επιστήμες και στις ανθρωπιστικές επιστήμες (Bundy, 2007).

Τα στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η υπολογιστική σκέψη επηρεάζει πολλούς τομείς ποικίλουν. Η υπολογιστική σκέψη μεταμορφώνει στατιστικά στοιχεία, όπου με τη μηχανική εκμάθηση ο αυτοματισμός των μεθόδων Bayesian και η χρήση πιθανοτήτων γραφικών μοντέλων καθιστούν δυνατή την αναγνώριση μοτίβων και ανωμαλιών σε ογκώδη σύνολα δεδομένων (Machine Learning Department, 2008).

Μεταμορφώνει επιπρόσθετα τον τομέα των Οικονομικών, δημιουργώντας ένα νέο πεδίο υπολογιστικής μικροοικονομίας, με εφαρμογές όπως τοποθέτηση διαφημίσεων, διαδικτυακών δημοπρασιών, και εύρεση βέλτιστων δοτών νεφρών (Abraham et al. 2007).

Στις Ανθρωπιστικές Επιστήμες και τις Τέχνες, ψηφιακές βιβλιοθήκες βιβλίων, συλλογών και τα αντικείμενα δημιουργούν ευκαιρίες μέσω υπολογιστικών μεθόδων όπως η εξόρυξη δεδομένων για την ανακάλυψη νέων τάσεων, μοτίβων και συνδέσμων ώστε να κατανοήσουν την ανθρωπότητα (Wing, 2008).

Εάν λοιπόν η υπολογιστική σκέψη χρησιμοποιηθεί σε όλους τους παραπάνω τομείς τότε θα επηρεάσει όλο τον κοινωνικό πληθυσμό άμεσα ή έμμεσα. Αυτό εγείρει μια νέα εκπαιδευτική πρόκληση καθώς σύμφωνα με τη Wing (2008) « *εάν η Υπολογιστική Σκέψη προστεθεί στο ρεπερτόριο των δεξιοτήτων σκέψης, τότε πώς και πότε πρέπει να μάθουν οι άνθρωποι αυτό το είδος σκέψης και πώς και πότε πρέπει να το διδάσκουμε; Αν θέλουμε να διασφαλίσουμε μια σίγουρη βάση κατανόησης και*

εφαρμογής υπολογιστικής σκέψης για όλους, τότε αυτή η μάθηση πρέπει καλύτερα να γίνει στα πρώτα χρόνια της παιδικής ηλικίας »(Wing,2008).

Κεφάλαιο 5. Θεωρίες Μάθησης και Σύγχρονες διδασκτικές προσεγγίσεις που ενσωματώνονται στη μεθοδολογία του STEM

Η μάθηση είναι ένα σύνθετο και δυναμικό πνευματικό φαινόμενο για το οποίο έχουν διατυπωθεί πολλοί ορισμοί από διάφορους ερευνητές ανάλογα με τη φιλοσοφία της σχολής που υπηρετεί ο καθένας.

Κοινό σημείο επαφής όλων των θεωριών είναι η τροποποίηση της συμπεριφοράς, η οποία αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τη διαδικασία της μάθησης.

Η έννοια της μάθησης διατυπώθηκε από τον Gagne με τον ακόλουθο ενιαίο ορισμό: *«Μάθηση θεωρείται η διαδικασία που υποβοηθά τους οργανισμούς να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά τους μέσα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα και με μόνιμο τρόπο, ώστε η ίδια η τροποποίηση να μη χρειαστεί να επαναληφθεί σε κάθε νέα ανάλογη περίπτωση»* (Gagne, 1975, p. 5).

5.1 Εποικοδομισμός (constuctivism)

Το STEM συγχρονίζεται με τις ανάγκες της σημερινής εποχής που θέλουν το σύγχρονο σχολείο να επαναπροσδιορίσει τους χώρους διδασκαλίας με νέες καινοτόμες μεθόδους.

Βασίζεται στις αρχές του εποικοδομισμού και επισημαίνει την σημασία της ένταξης ομαδοσυνεργατικών δραστηριοτήτων στην εκπαιδευτική διαδικασία και την εμπλοκή των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία (Jonassen, Peck & Wilson 1999).

Ο εποικοδομισμός ανάγεται στις αρχές του 1980 (Van Gorp & Grissom 2001). Συνίσταται από το γνωστικό κονστρουκτιβισμό αλλά και τον κοινωνικό κονστρουκτιβισμό όπου η μάθηση επέρχεται μέσα από ένα κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο και έχει θεμελιωθεί τον Vygotsky (Gergen, 2003).

Αποτελεί μια μαθησιακή στρατηγική βασισμένη στις κονστρουκτιβιστικές θεωρίες του Jean Piaget (Papert & Harel, 1991).

Σύμφωνα με τον Piaget, η ανθρώπινη μάθηση δεν οφείλεται στη μετάδοση της γνώσης, αλλά πρόκειται για μία ενεργητική διαδικασία για την κατασκευή της γνώσης, βασισμένη σε εμπειρίες του πραγματικού κόσμου και στην προγενέστερη γνώση του κάθε ατόμου (Piaget, 1972).

Έτσι, ο Piaget (1972) υποστηρίζει ότι οι μαθητές θα πρέπει να στοχεύουν στην κατάκτηση νέων δομών και στην προσαρμογή τους στις προϋπάρχουσες γνώσεις οι οποίες έχουν «χτιστεί» μέσα από προηγούμενες εμπειρίες τους. Η μάθηση πραγματοποιείται σε ένα συγκεκριμένο κοινωνικό πλαίσιο όπου μέσα από ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες οι μαθητές επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ο διδάσκοντας αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της μαθησιακής διαδικασίας και διευκολύνει την ενεργητική μάθηση (Piaget, 1972).

Ο Seymour Papert επεκτείνοντας την κονστρουκτιβιστική θεωρία του Piaget, ανέπτυξε μια εκπαιδευτική φιλοσοφία κατά την οποία η απόκτηση της νέας γνώσης συντελείται όταν οι μαθητευόμενοι κατασκευάζουν προϊόντα τα οποία έχουν ιδιαίτερο νόημα για αυτούς.

Η θεωρία της κονστρουκτιβιστικής τάξης υποστηρίζει πως η γνώση δεν προσλαμβάνεται από το εξωτερικό περιβάλλον αλλά δομείται εσωτερικά μέσω της σκέψης. Εισήγαγε λοιπόν την έννοια του « κατασκευαστικού εποικοδομισμού » ο οποίος αποτελεί φυσική επέκταση του εποικοδομισμού (constructionism) και τονίζει την κατασκευαστική πλευρά. Οι μαθητές μέσα σε ένα πλαίσιο δημιουργικού περιβάλλοντος, αναλαμβάνουν οι ίδιοι ρόλο σχεδιαστή και κατασκευαστή καθώς

κατασκευάζουν οι ίδιοι ένα χειροπιαστό αντικείμενο που θεωρούν ουσιώδες. Στη συνέχεια τα υποκείμενα της μάθησης μοιράζονται την εμπειρία τους με το κοινωνικό περιβάλλον στο οποίο αλληλεπιδρούν (Papert, 1980).

Η δημιουργία της γνώσης προέρχεται από την αλληλεπίδραση των ατόμων με το περιβάλλον και μεταξύ τους (Gergen & Gergen, 2003; Gredler, 2005)

Η μάθηση λοιπόν αποτελεί κοινωνική διαδικασία καθώς οτιδήποτε μαθαίνουμε είναι συνάρτηση κοινωνικών προτύπων και ερμηνειών (Gergen, 2003).

Όπως υποστηρίζει ο Woolfolk (1998) υπάρχουν τρία (3) διδακτικά μοντέλα εποικοδομισμού.

- Ο εξωγενής εποικοδομισμός
- Ο ενδογενής εποικοδομισμός
- Ο διαλεκτικός εποικοδομισμός

Η μεθοδολογία STEM λοιπόν αποτελεί μια κονστρουκτιβιστική μεθοδολογία εκπαίδευσης κατά την οποία ο ρόλος του διδάσκοντα είναι συντονιστικός και καθοδηγητικός (Nanjappa & Grant, 2003).

Η στήριξη του εκπαιδευτικού σταδιακά αποσύρεται ανάλογα με το επίπεδο ατομικών ικανοτήτων των μαθητών σύμφωνα με τη Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης (Zone of Proximal Development) όπως την ορίζει ο Vygotsky (1978):

« Σαν Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης ορίζεται η απόσταση μεταξύ του επιπέδου ανάπτυξης, όπως αυτοπροσδιορίζεται από την ανεξάρτητη (ατομική) επίλυση προβλημάτων, και το επίπεδο της ενδυνάμει ανάπτυξης, όπως προσδιορίζεται από την ικανότητα του ατόμου να επιλύει προβλήματα κάτω από την καθοδήγηση ενηλίκων ή μέσα από τη συνεργασία με ικανότερους συνομήλικους».

Η Ζώνη Επικείμενης Ανάπτυξης παρομοιάζεται σαν «κοινωνική σκαλωσιά» (scaffolding), που συμβάλει στην νοητική ανάπτυξη του παιδιού (Bruner, 1966).

Κονστρουκτιβιστική τάξη	Παραδοσιακή τάξη
Οι μαθητές συνεργάζονται για την ολοκλήρωση εργασιών.	Οι μαθητές εργάζονται ατομικά
Η συμμετοχή μαθητών είναι πολύτιμη κατά τη διαδικασία της διδασκαλίας – μάθησης	Η προσκόλληση στην επίσημη διδακτέα ύλη είναι σημαντική
Οι μαθητές αντιμετωπίζονται ως στοχαστές με την ικανότητα δόμησης καινούριας γνώσης	Οι μαθητές αντιμετωπίζονται ως κενά δοχεία στα οποία οι δάσκαλοι μεταβιβάζουν τη γνώση
Οι δάσκαλοι συνεργάζονται με τους μαθητές μέσα στην τάξη	Οι δάσκαλοι έχουν το ρόλο του ειδήμονα, προωθώντας τις πληροφορίες στα παιδιά
Οι δάσκαλοι αναζητούν ανατροφοδότηση από τους μαθητές, με σκοπό να διαπιστώσουν το γνωστικό τους επίπεδο	Οι δάσκαλοι αναζητούν «σωστές» απαντήσεις για την αξιολόγηση του γνωστικού επιπέδου των μαθητών
Η αξιολόγηση της γνώσης των μαθητών είναι ενσωματωμένη στη διαδικασία της διδασκαλίας – μάθησης	Η αξιολόγηση της γνώσης των μαθητών λαμβάνει τόπο ξεχωριστά της διδασκαλίας

Πίνακας 4 Η Κονστρουκτιβιστική τάξη σε σύγκριση με την Παραδοσιακή τάξη (Γεωργοπούλου, 2017)

Στον παραπάνω πίνακα σύμφωνα με τους Brooks και Brooks (1993) πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ παραδοσιακής και κονστρουκτιβιστικής σχολικής τάξης και όπως παρατηρείται η εποικοδομιστικές εκπαιδευτικές μέθοδοι υπερτερούν σε πολλά σημεία, συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας.

5.2 Μέθοδοι διδασκαλίας που σχετίζονται με το STEM

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα διδασκαλίας άλλοτε δασκαλοκεντρικά και άλλοτε μαθητοκεντρικά. Ανάλογα με την εκάστοτε μέθοδο διδασκαλίας που ακολουθεί ο κάθε εκπαιδευτικός απαιτείται και η επιλογή των κατάλληλων κάθε φορά μοντέλων.

Η ενσωμάτωση της προσέγγισης STEM στη διαδικασία της εκπαίδευσης σχετίζεται με τη χρήση διδακτικών μοντέλων όπως αυτό της « Ανακαλυπτικής μάθησης » του Bruner (Inquiry Based Learning, IBL), της «μεθόδου project» και της «επίλυσης προβλήματος» (Problem Based learning, PBL) (Erdogan & Stuessy, 2015).

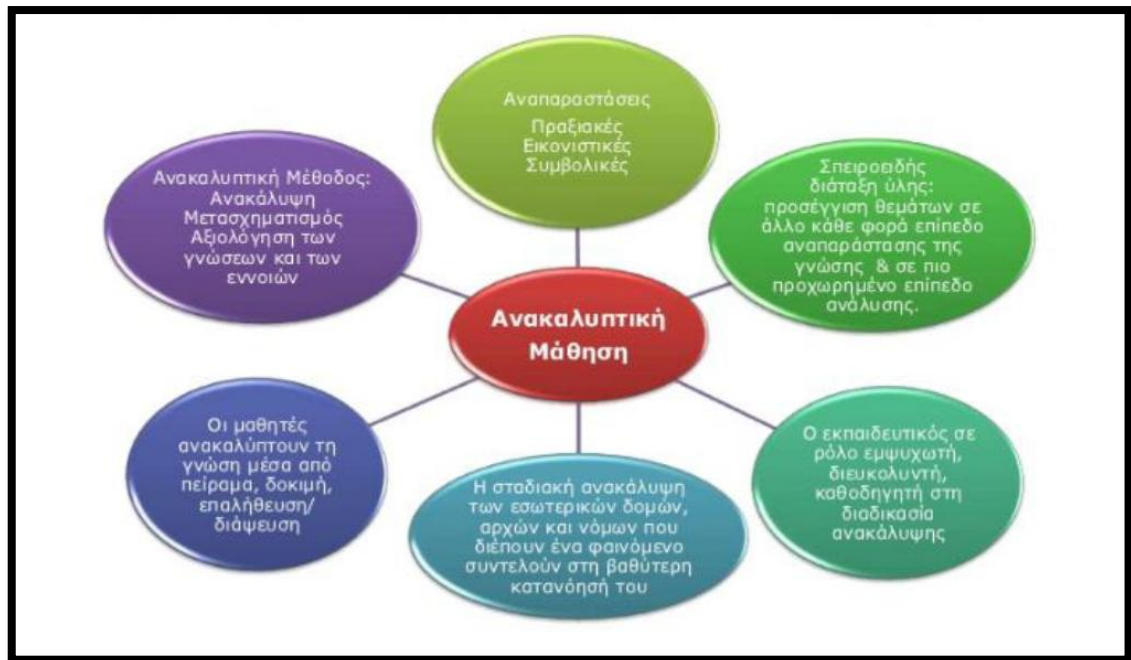
Παρακάτω θα παρατεθούν οι σημαντικότερες σύγχρονες μέθοδοι και διδακτικά μοντέλα που σχετίζονται με την προσέγγιση STEM.

5.2.1. Ανακαλυπτική μάθηση του Bruner

Η ανακαλυπτική μέθοδος διδασκαλίας αποτελεί μια μαθητοκεντρική προσέγγιση η οποία σύμφωνα με τον γνωστικό ψυχολόγο Jerome Bruner, στηρίζεται κατά κύριο λόγο στις αναζητήσεις και τις απορίες των μαθητών.

Σύμφωνα με τον Bruner (1966) οι μαθητευόμενοι χρησιμοποιούν ορισμένα συστήματα για να κατανοήσουν τις νεοεισερχόμενες πληροφορίες ώστε να αναπτυχθούν γνωστικά:

- 1) Την πραξιακή αναπαράσταση (enactive representation), κατά την οποία η γνώση έχει σχέση με την κίνηση και τη δεξιότητα που προκύπτει μέσω της άμεσης επαφής που έχει το άτομο με τα πράγματα (π.χ. η πράξη του παιδιού να μετράει τα μολύβια).
- 2) Την εικονική αναπαράσταση, κατά την οποία η αναπαράσταση των γνώσεων γίνεται με εσωτερικές πνευματικές εικόνες, χωρίς όμως να υπάρχει ο αφηρημένος συσχετισμός (π.χ. η εικόνα με το παιδί να μετράει τα μολύβια).
- 3) Τη συμβολική αναπαράσταση, η οποία αποτελεί το ανώτερο σύστημα, στο οποίο οι γνώσεις απεικονίζονται μέσω συμβόλων (οι σχέσεις αναπαρίστανται μέσω αφηρημένων συμβόλων, με τη δυνατότητα για διάφορους συσχετισμούς και διατύπωση θεωριών, ακόμη και χωρίς τη στήριξη συγκεκριμένων στοιχείων της εμπειρίας για τον μαθητευόμενο).



Εικόνα 3 Βασικές Αρχές της Θεωρίας της Ανακαλυπτικής Μάθησης (Παπαδοπούλου, 2011)

- **Διαφορές Ανακαλυπτικής και Διερευνητικής μάθησης**

Η ανακαλυπτική μέθοδος καθορίζει ότι με τον όρο «ανακάλυψη» εννοείται η παροχή κινήτρων στους μαθητές μέσω παρώθησης και επαγωγικής σκέψης, έτσι ώστε να προβαίνουν σε εικασίες με σκοπό να ανακαλύψουν οι ίδιοι τις νέες γνώσεις μέσα από τη διαδικασία της επεξεργασίας εννοιών. Δίνονται δηλαδή πρωτοβουλίες στο μαθητή χωρίς να παρεμβαίνει ο εκπαιδευτικός (Κασσωτάκης & Φλουρή, 2006; Ράπτης & Ράπτη, 2001).

Σύμφωνα με τον Dewey, η Διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας διαχωρίζεται από την Ανακαλυπτική μέθοδο και:

«αποτελεί, ενεργητική, επίμονη και προσεκτική θεώρηση κάθε αντίληψης ή υποτιθέμενου σχήματος γνώσης, υπό το φως των τεκμηρίων και των επιμέρους συμπερασμάτων» (Dewey, 1938).

Ανακαλυπτική μέθοδος	Διερευνητική μέθοδος
Διαισθητική σκέψη	Αναλυτική σκέψη
Νοητικά άλματα	Λογική ακολουθία
Ολιστική σύλληψη	Βαθμιαία βήματα
Δεν ερμηνεύεται η πορεία προς τη λύση	Πλήρης συνείδηση του σκοπού του κάθε βήματος
Υποκειμενικός χαρακτήρας, προσωπική κατάκτηση	Βασίζεται σε αντικειμενικά στοιχεία
Προϋποθέτει εξοικείωση με το συγκεκριμένο τομέα	Εξοικείωση με τους κανόνες της λογικής

Πίνακας 5 Οι διαφορές μεταξύ Ανακαλυπτικής και Διερευνητικής μεθόδων διδασκαλίας

Όπως υποστηρίζουν οι Collins (1988), Duschl (2004), Lee και συνεργάτες (2004), Wallace και Kang (2004), με τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας επιτυγχάνονται τα εξής:

- 1) Αύξηση της κατανόησης των εννοιών
- 2) Ανάπτυξη κριτικών δεξιοτήτων
- 3) Παρακίνηση των μαθητών για εξερεύνηση και ερμηνεία των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα γύρω τους προχωρώντας σε διαδικασίες όμοιες με εκείνες που εκτελούνται από έναν επιστήμονα
- 4) Επικράτηση ανοιχτού κλίματος συζήτησης μέσω επιχειρημάτων εντός της σχολικής τάξης

Αντίθετα η αποτελεσματικότητα της Ανακαλυπτικής μεθόδου εξαρτάται σύμφωνα με τον Bruner από ορισμένους ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες, καθώς η θέληση για μάθηση είναι ενδογενές κίνητρο το οποίο συμβάλλει στο να κατακτήσει ο μαθητής τη γνώση. Τα κυριότερα εσωτερικά κίνητρα μάθησης όπως τα διατυπώνει ο Bruner είναι η περιέργεια, η ανάγκη της καταξίωσης και η ανάγκη του ανθρώπου για ανάπτυξη συνεργατικού κλίματος με άλλους (Bruner, 1966).

5.2.2. Επίλυση Προβλήματος (*Problem-Based Learning*)

Πρωτεύοντα ρόλο στην προσέγγιση STEM κατέχει η επίλυση ενός προβλήματος (Asghar, Ellington, Rice, Johnson & Prime 2012).

Σύμφωνα με τον Savery (2006) η μάθηση μέσω της επίλυσης προβλημάτων (Problem-Based Learning, pbl) αποτελεί μια μαθητοκεντρική διδακτική στρατηγική η οποία παρέχει τη δυνατότητα στο μαθητή να αναπτύξει μια βιώσιμη λύση ενός προβλήματος και μπορεί να εφαρμοστεί μέσω δραστηριοτήτων σε όλες της εκπαιδευτικές βαθμίδες (Gonzalez & Kuenzi, 2012).

Δεν απευθύνεται μόνο στην επίλυση των προβλημάτων, αλλά επιπλέον χρησιμοποιεί κατάλληλα προβλήματα για να αυξηθεί η κατανόηση ενός θέματος και ακολουθεί μια διαδικασία σαφώς καθορισμένη (Wood, 2003).

Οι μαθητές αρχικά καθορίζουν οι ίδιοι μέσω ενός προβλήματος τους μαθησιακούς τους στόχους και στη συνέχεια κατά τον J. Dewey πραγματοποιούν ανεξάρτητη επιστημονική έρευνα ώστε να αντιμετωπίσουν τα στάδια της μάθησης μέσω των εξής βημάτων:

1) Προσδιορισμός Προβλήματος

Στο στάδιο αυτό ο μαθητής με την προσωπική του εμπειρία θέτει ή αναγνωρίζει το πρόβλημα χωρίς τη βοήθεια του εκπαιδευτικού.

2) Καθορισμός των όρων του προβλήματος

Σε αυτό το στάδιο παρουσιάζονται και έπειτα από μελέτη κατανοούνται οι δυσχέρειες του προβλήματος.

3) Διατύπωση Υποθέσεων που σχετίζονται με τη λύση

Κατά τη διαδικασία της διατύπωσης υποθέσεων που οδηγούν στη λύση του προβλήματος, η εμπειρία τόσο από την πλευρά των μαθητευόμενων αλλά και από την πλευρά των εκπαιδευτικών αποτελεί πρωτεύοντα παράγοντα.

4) Έλεγχος Υποθέσεων

Ο μαθητής μέσω της κρίσης του μελετά την υπόθεση και συλλέγει σχετικά πορίσματα.

5) Εφαρμογή των λύσεων

Μετά την επιλογή της κατάλληλης υπόθεσης οδηγούνται στη λύση και στην εφαρμογή της σε άλλα παρόμοια προβλήματα.

Κατά τους Strobel και Van Barneveld (2009), η μέθοδος της επίλυσης προβλήματος έχει πολλά εκπαιδευτικά οφέλη καθώς καλλιεργεί μια μακροπρόθεσμη διατήρηση δεξιοτήτων.

Επιπλέον διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών, ενεργοποιεί τις προϋπάρχουσες γνώσεις και διευκολύνει την κατανόηση νέων πληροφοριών ενισχύοντας την απομνημόνευση τους στη μακρόχρονη μνήμη (Schmidt, Rotgans & Yew, 2011).

Οι Mayes και Gallant (2018) παραθέτουν ορισμένα θετικά στοιχεία της συγκεκριμένης μεθόδου όπως το γεγονός ότι η επιλογή του θέματος της δραστηριότητας που θα υλοποιηθεί γίνεται από τους ίδιους τους μαθητές, με αποτέλεσμα την απόκτηση περισσότερου ενθουσιασμού και εργατικότητας κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας και να εμπλέκονται ενεργά στη μάθηση.

Ένας εκπαιδευτικός στα πλαίσια της εφαρμογής δραστηριοτήτων STEM παρουσιάζει στους μαθητές projects και αυτοί επιλέγουν εκείνο που ανταποκρίνεται καλύτερα στα κριτήριά τους (Mayes & Gallant, 2018).

5.2.3 Μέθοδος Project και Project Based Learning

Η μέθοδος Project βασίζεται στην ερευνητική μάθηση Enquiry Based Learning (IBL ή EBL), η οποία κατά τον Sahin (2013) ανάγεται στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και θεωρείται μια εναλλακτική μέθοδος, αντί της παραδοσιακής μεθόδου επεξεργασίας εννοιών που ταυτίζει τη μάθηση με την απομνημόνευση εννοιών.

Στα πλαίσια της IBL, οι εκπαιδευτικοί ενθαρρύνουν τους μαθητές να διατυπώνουν ερωτήσεις, να διεξάγουν έρευνες, να συγκεντρώνουν πληροφορίες από διάφορες πηγές, να συζητούν αυτές τις πληροφορίες μέσω παρουσιάσεων και να ανατροφοδοτούν τη μάθησή τους (Pasco Scientific, 2012).

Η διαφορά της μεθόδου Project από τη IBL, είναι ότι η εστίαση γίνεται επί των ομαδικών εργασιών (project) και στην εξεύρεση λύσεων σε πραγματικά προβλήματα (Frank, Lavy & Elata 2003; Smith & Imbrie, 2007).

Σύμφωνα με τον Grand,(2002) η μέθοδος project στηρίζεται σε θεωρίες μάθησης κονστρουκτιβισμού και χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση STEM ως διαδικασία ενθάρρυνσης αλλά και ως μηχανισμός παρουσίασης του περιεχομένου.

Τα κοινά στοιχεία όλων των μεθόδων Project είναι η εισαγωγή, ο καθορισμός του μαθησιακού έργου, η διαδικασία έρευνας, οι προτεινόμενες πηγές, η συνεργασία μέσω ομαδικών εργασιών, η υποστήριξη των εκπαιδευτικών και η παροχή ευκαιριών στοχασμού (Grant, 2002).

Με το project οι μαθητές συνεργάζονται ομαδικά, αλληλεπιδρούν, αποκτούν εσωτερικά κίνητρα για μάθηση και κάνουν την παρουσίαση της εργασίας τους τόσο στους συμμαθητές τους όσο και στην κοινωνία (Kirpatrick, 1918).

Σύμφωνα με τους Barron και συνεργάτες (1998), οι βιωματικές δραστηριότητες είναι συνδεδεμένες άρρηκτα με τις προσεγγίσεις που βασίζονται στο project. Με τα projects η εκπαίδευση μπορεί να γίνει χρησιμότερη και να διευκολύνει την αντιμετώπιση του πραγματικού κόσμου, καθώς με τον όρο project αντιπροσωπεύεται μία ευρεία τάξη από μαθησιακές εμπειρίες (Barron, Schwartz & Vye 1998).

Τα οφέλη που παρέχει στη μαθησιακή διαδικασία η μέθοδος Project είναι πάρα πολλά, καθώς όπως συμπεραίνεται από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση σύμφωνα με τους (Frank, 2003; Ehrlich, 1998; Zeid, A., Duggan, C., Kamarthiand, S., & Chin, J. 2011; Zeid, A., Kamarthi, S. & Chin, J. 2011):

- Προσφέρονται δυνατότητες συνεργασίας με ομότιμους συνεργάτες
- Παρέχονται εσωτερικά κίνητρα και ενισχύεται η ενεργητική μάθηση
- Προάγεται η κοινωνικά δομημένη μάθηση με δομημένες αλληλεπιδράσεις
- Παρέχεται δημιουργική επίλυση για τα προβλήματα

Project Based learning

Το Project Based Learning-PBL ανάγεται στην αρχή του 20ου αιώνα και αποτελεί μια προηγμένη στρατηγική διδασκαλίας η οποία βασίζεται στη μεθοδολογία project των Kilpatrick (1918) και Dewey (1938), με τον καθορισμό των μαθητών ως ερευνητών και ενεργητικών δεκτών της μαθησιακής διαδικασίας και ακολουθεί μια μέθοδο κονστρουκτιβισμού, τόσο στα Μαθηματικά όσο και στις Επιστήμες (Capraro & Capraro 2014).

Σύμφωνα με τους Mayes και Gallant (2018), το P.B.L. προάγει τη συνεργασία των μαθητών, τη συνεχή έρευνα, τον προβληματισμό της μάθησης, τη διεπιστημονικότητα, την ολοκληρωμένη αξιολόγηση και το τελικό προϊόν.

Το PBL κατά τον Barron και συνεργάτες, (1998) απευθύνεται κυρίως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και πολλές φορές δίνει την εντύπωση ενός ανοργάνωτου προγράμματος διδασκαλίας, έχοντας ημιδομημένη μορφή καθώς η κάθε ομάδα προσεγγίζει το θέμα διαφορετικά (Kelley & Knowles, 2016).

Οι μαθητές ασχολούνται περισσότερο με πραγματικά προβλήματα παρά με θέματα που αφορούν τα ενδιαφέροντά τους και ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι καθοδηγητικός, βοηθώντας τους μαθαίνοντας να καταλήξουν στην κατάλληλη λύση (Kelley & Knowles, 2016).

Πλεονεκτήματα Project Based Learning

Τα οφέλη που αποκομίζουν οι μαθητές από το PBL εκτείνονται σε ένα ευρύ φάσμα όπως αναφέρεται στην έκθεση του Pasco Scientific (2012) καθώς,

- σύμφωνα με τον Thomas και Watters (2015), ενισχύει τη συμμετοχή στο μάθημα και αυξάνει την αυτοπεποίθηση
- παρέχει υψηλό επίπεδο σκέψης που αντιστοιχεί σε επόμενη νοητικά τάξη
- (SRI, 2000)
- προσφέρει ευκαιρίες μάθησης (Railsback, 2002).

Εκτός από τους μαθητές, οι εκπαιδευτικοί προσπορίζονται επίσης πολλά οφέλη, όπως η ανάπτυξη συνεργασίας ανάμεσα στους συναδέλφους και η οικοδόμηση σχέσεων με τους μαθητές (Thomas, 2000).

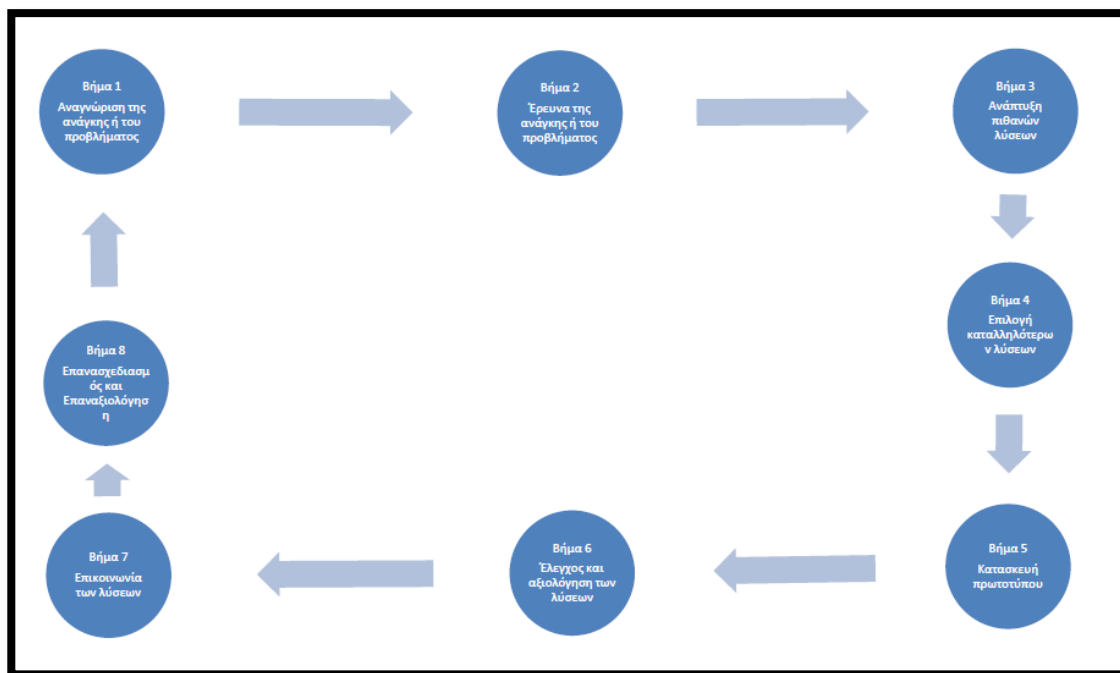
Τέλος, υπάρχει η διαπίστωση από πολλούς δασκάλους ότι σε αυτό το περιβάλλον μπορούν να φιλοξενηθούν διαφορετικοί μαθητές, με την εισαγωγή ενός ευρύτερου φάσματος ευκαιριών για μάθηση στην τάξη. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί συμφωνούν ότι υπάρχουν μαθητές οι οποίοι δεν αποκομίζουν τα οφέλη των παραδοσιακών εκπαιδευτικών μεθόδων, αλλά διδασκαλιών που βασίζονται στο Project-Based Learning (SRI, 2000 στο Pasco Scientific, 2012).

5.2.4. Μέθοδος βασισμένη στη Μηχανική (*Engineering-Based Learning*)

Η μέθοδος διδασκαλίας που βασίζεται στη μηχανική ή αλλιώς EBL αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση της Project Based Learning.

Κατά τον Zeid (2014), κύρια χαρακτηριστικά για τη μέθοδο της Μηχανικής είναι:

α) Η διαδικασία για τον σχεδιασμό τεχνικών έργων (Engineering Design Process, EDP), η οποία επιλύει σχεδιαστικά προβλήματα.



Εικόνα 4 Διαδικασία σχεδιασμού τεχνικών έργων (Massachusetts Department of Education, 2006)

β) Το σύστημα σχεδιασμού μέσω υπολογιστή (CAD), μέσω του οποίου οι μαθητές αντιλαμβάνονται πως η θεωρητική πλευρά του STEM ενσωματώνεται και εφαρμόζεται στην πραγματική ζωή. Επίσης το CAD παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα να ανακαλύψουν τη δημιουργική και σχεδιαστική πλευρά τους μέσω εφαρμογών τρισδιάστατης πραγματικότητας (Zeid, Chin & Duggan 2014).

γ) η πρακτική capstone που είναι ένας συνδυασμός των δύο παραπάνω.

Το χαρακτηριστικό της δυναμικότητας είναι αυτό που παρέχει τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να τροποποιήσει τον κώδικα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος .

Κεφάλαιο 6. Πλατφόρμες υλοποίησης και Γλώσσες Προγραμματισμού εφαρμογών STEM

6.1. Scratch

Σύμφωνα με την ιστοσελίδα (<https://en.wikipedia.org>) το Scratch είναι μια σχετικά νέα γλώσσα προγραμματισμού, η οποία δημιουργήθηκε το 2007 από μια μικρή ομάδα ερευνητών του τμήματος «Lifelong Kindergarten Group» του Πανεπιστημίου MIT της Μασαχουσέτης. Πρόκειται για ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον το οποίο διατίθεται δωρεάν και παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει το δικό του έργο online ή offline.

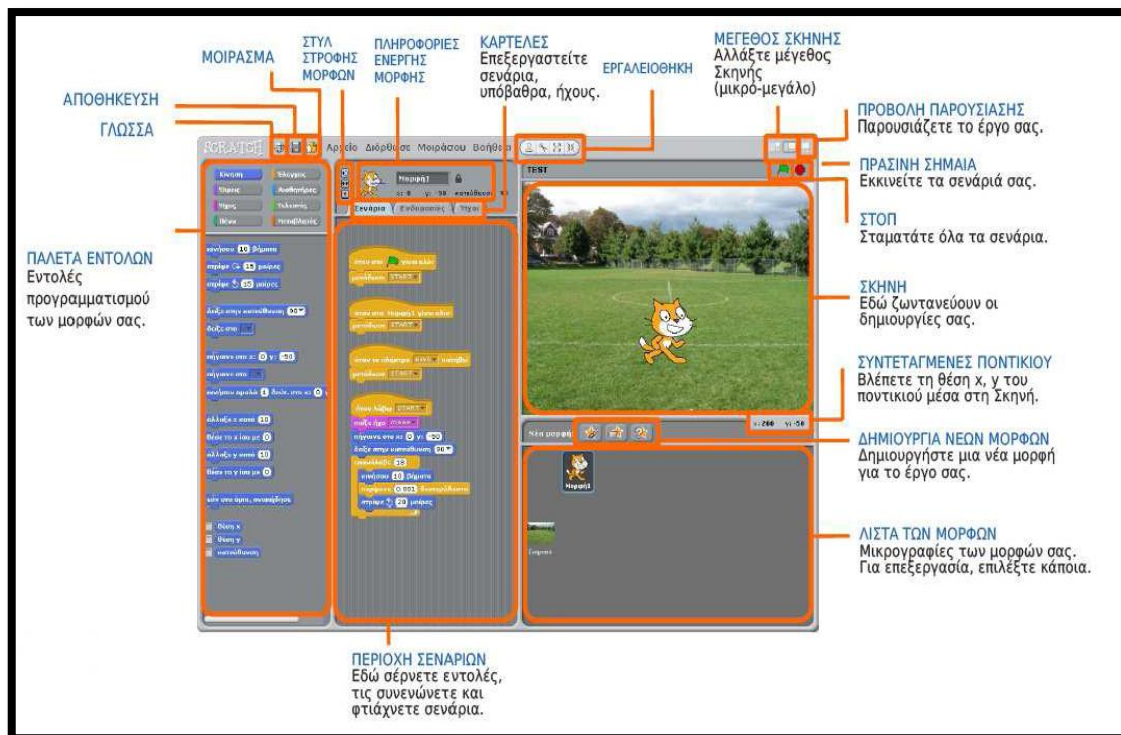
Χαρακτηρίζεται ως «διερμηνευόμενη δυναμική γλώσσα προγραμματισμού» υλοποιημένη μέσω της αντικειμενοστραφούς γλώσσας προγραμματισμού Squeak.

Το χαρακτηριστικό της δυναμικότητας είναι αυτό που παρέχει τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να τροποποιήσει τον κώδικα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος .

Η τεχνική που χρησιμοποιούν οι DJs (scratching) αποτέλεσε την πηγή έμπνευσης για το όνομα του Scratch. Η συγκεκριμένη τεχνική των DJs χαρακτηρίζεται κυρίως από το γεγονός ότι τα μουσικά κομμάτια επαναχρησιμοποιούνται. Έτσι και στο Scratch, το σύνολο των αντικειμένων, των γραφικών, των ήχων και των κειμένων μπορούν να ενταχθούν με ευκολία σε ένα νέο πρόγραμμα και να χρησιμοποιηθούν ξανά σε άλλα έργα. (Lifelong Kindergarten Group,n.d.)

Σύμφωνα με τα στοιχεία της επίσημης ιστοσελίδας (<https://scratch.mit.edu>), «χρησιμοποιείται σε περισσότερες από 150 διαφορετικές χώρες και είναι διαθέσιμη σε περισσότερες από 40 γλώσσες».

Αυτό που το καθιστά ιδιαίτερα δημοφιλές στο χώρο της εκπαιδευτικής κοινότητας, όπως προκύπτει επίσης από στοιχεία της επίσημης ιστοσελίδας, είναι αφενός η ευκολία στη χρήση του καθώς οι εφαρμογές δεν δημιουργούνται με την πληκτρολόγηση μακροσκελών προγραμμάτων που αποτελούνται από σύνθετες εντολές αλλά κατασκευάζονται με την ένωση γραφικών δομών στοιχείων (blocks) και αφετέρου ο μεγάλος αριθμός εφαρμογών που υπάρχουν διαθέσιμες και διατίθενται δωρεάν. Ενδεικτικά αναφέρεται πως υπάρχουν διαθέσιμα 24.367.492 projects.



Εικόνα 5 Περιβάλλον εργασίας Scratch

6.1.2 Δυνατότητες Scratch

Ο κεντρικός στόχος της δημιουργίας του Scratch ήταν η ανάπτυξη μιας γλώσσας προγραμματισμού με σκοπό την προώθηση της μάθησης και την διδασκαλία προγραμματισμού σε αρχάριους χρήστες και όχι επαγγελματίες προγραμματιστές (Ford, 2008).

Σαν συνέπεια των παραπάνω το Scratch δεν υποστηρίζει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά άλλων γλωσσών προγραμματισμού όπως διαδικασίες, μαθηματικές συναρτήσεις και χρήση αρχείων.

Σύμφωνα με το Lifelong Kindergarten Group, MIT Media Laboratory, στο Scratch υποστηρίζονται οι έννοιες της επανάληψης (looping), της ακολουθίας, των δηλώσεων υπό όρους (conditional statements), της παράλληλης εκτέλεσης, των λογικών τελεστών, του συγχρονισμού, των μεταβλητών, της αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο, της διαχείρισης γεγονότων (event handling), των μονοδιάστατων πινάκων, των τυχαίων αριθμών και του σχεδιασμού διεπαφής του χρήστη.

Παρέχει ένα υψηλής ποιότητας γραφικό περιβάλλον που ενθαρρύνει τη δημιουργικότητα μέσω του προγραμματισμού, την ανταλλαγή και τη μάθηση (Ford,2008).

6.1.3. Είδη δεξιοτήτων που αναπτύσσονται με το Scratch

Η έκθεση Learning for the 21st Century παρουσιάζει στοιχεία που προσδιορίζουν εννέα είδη από τις δεξιότητες μάθησης, οι οποίες διαιρούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Διαχείριση πολυμέσων ως μέσων επικοινωνίας
2. Κριτική ικανότητα και δεξιότητες για την επίλυση προβλημάτων και
3. Ατομικές και κοινωνικές δεξιότητες.

Στο άρθρο «Learning with Scratch, 21st Century Learning Skills» των Rusk N, Resnick M. και Maloney J, το οποίο δημοσιεύτηκε στην επίσημη ιστοσελίδα του Lifelong Kindergarten Group το 2006, επισημαίνεται ότι μέσω της εφαρμογής εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων σε γλώσσα προγραμματισμού Scratch, προσδιορίζονται επιπλέον είδη από δεξιότητες μάθησης που ανήκουν στις τρεις κατηγορίες παραπάνω.

- **Εξοικείωση με τα πολυμέσα**

Οι μαθητές μέσα από εκπαιδευτικές εφαρμογές Scratch ενσωματώνουν στο έργο τους πολυμεσικές εφαρμογές προκειμένου να εκφραστούν δημιουργικά και να επικοινωνήσουν τις ιδέες τους. Η εμπλοκή τους έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη κριτικής στάσης απέναντι στη χρήση διαφορετικών ειδών πληροφορίας.

- **Κριτική σκέψη**

Η υλοποίηση των έργων από τους μαθητευόμενους απαιτεί συντονισμό χαρακτήρων, επιλογή των κατάλληλων δομών, έλεγχο επίτευξης αρχικών στόχων και επιλογή της βέλτιστης λύσης σε περίπτωση που προκύψει οποιοδήποτε πρόβλημα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του σεναρίου. Μέσω αυτής της διαδικασίας αναπτύσσονται ικανότητες κριτικής σκέψης.

- **Αναγνώριση, τυποποίηση και λύση προβλήματος**

Μέσω του Scratch αναπτύσσονται δεξιότητες για την αναγνώριση και επίλυση του προβλήματος από την πλευρά των μαθητών, καθώς για να δημιουργηθεί ένα σενάριο αρχικά απαιτείται η σύλληψη της ιδέας, η διάσπαση του προβλήματος σε επιμέρους τμήματα και στη συνέχεια η υλοποίηση του. Οι μαθητές επεμβαίνουν δυναμικά στον κώδικα τροποποιώντας τις εντολές και μέσω της εκσφαλμάτωσης (debugging) ολοκληρώνεται ο έλεγχος του τελικού προϊόντος.

- **Δημιουργικότητα**

Το Scratch ενθαρρύνει τη δημιουργική σκέψη καθώς δεν επιδιώκει απλά την επίλυση του προβλήματος αλλά την αναζήτηση καινοτόμων ιδεών και λύσεων στα προβλήματα.

- **Ανάπτυξη κοινωνικών και ατομικών δεξιοτήτων**

Ένα από τα πλεονεκτήματα της γλώσσας προγραμματισμού Scratch είναι το γεγονός πως το πρόγραμμα είναι δομημένο σε τμήματα (blocks) κάτι το οποίο επιτρέπει το διαμοιρασμό του έργου σε υποέργα ώστε οι μαθητές μέσα από το διαχωρισμό τους

σε υποομάδες να αναλάβουν επιμέρους τμήματα υλοποίησης και να εργαστούν ατομικά. Η λύση προκύπτει από την ενοποίηση όλων των επιμέρους τμημάτων.

Οι μαθητές λοιπόν επικοινωνούν, ανταλλάσσουν απόψεις και εργάζονται από κοινού για ένα έργο.

Επιπρόσθετα αναπτύσσουν εσωτερικά κίνητρα για την αντιμετώπιση των προκλήσεων και των απογοητεύσεων που μπορεί να ανακύψουν κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού και της επίλυσης προβλημάτων.

- **Τροποποίηση σχεδιασμού**

Οι μαθητές μέσα από την υλοποίηση των έργων τους στοχεύουν στην εξασφάλιση της αποδοχής τους από τους άλλους. Όταν το επιθυμητό αποτέλεσμα δεν κατακτάται, η αντίδραση των μαθητών και η κριτική η οποία ασκείται μπορούν να παίξουν τον ρόλο της ανατροφοδότησης, προκειμένου να λειτουργήσουν ανταποδοτικά και να τροποποιήσουν τη λύση για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος.

- **Ανάπτυξη Υπευθυνότητας**

Για τα έργα που κατασκευάζονται στο περιβάλλον του Scratch υπάρχει η δυνατότητα της κοινοποίησης είτε στο περιβάλλον της τάξης μέσω της ανταλλαγής προγραμμάτων ανάμεσα στους μαθητές, είτε στη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch. Ο διαμοιρασμός και η ανταλλαγή απόψεων και ιδεών οδηγούν στην ανάληψη ευθύνης από τους μαθητές για την υλοποίηση των έργων τους και στην απόκτηση αισθήματος υπευθυνότητας

6.2. Arduino

Το Arduino είναι ένα πακέτο με ιδιαίτερο εκπαιδευτικό χαρακτήρα, καθώς υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησής του για να κατασκευαστούν απλά συστήματα Αυτόματου Ελέγχου, όπως επίσης και να προγραμματιστούν φυσικά αντικείμενα (Przybylla & Romeike, 2014, 2015).

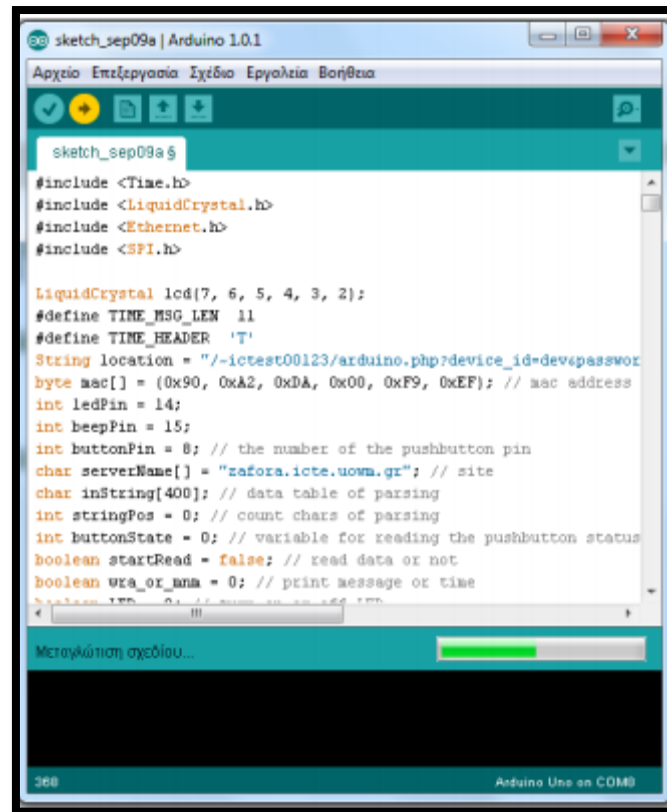
Σύμφωνα με την ιστοσελίδα (<https://en.wikipedia.org>) το Arduino αποτελεί μία open-source (ανοικτού κώδικα) πλατφόρμα ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, η οποία βασίζεται σε «hardware» και «software» τα οποία είναι ευέλικτα και εύκολα στη χρήση. Προορίζεται για τον οποιονδήποτε διαθέτει κάποια προγραμματιστική εμπειρία, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών και ενδιαφέρον για τη δημιουργία διαδραστικών αντικείμενων ή περιβαλλόντων.

6.2.1. Arduino IDE

Το arduino αποτελείται από δύο κύρια τμήματα: το hardware, δηλαδή τη μητρική πλακέτα πάνω στην οποία υλοποιούνται οι κατασκευές, και το software, δηλαδή το λογισμικό Arduino IDE το οποίο εκτελείται στον υπολογιστή.

Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα του arduino (arduino.cc), το περιβάλλον ανάπτυξης της πλατφόρμας περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα για την επεξεργασία κειμένου προκειμένου να συνταχθεί ο κώδικας, μια περιοχή εμφάνισης μηνυμάτων, μία κονσόλα για το κείμενο και μια γραμμή εργαλείων με τη μορφή κουμπιών. Το περιβάλλον αυτό συνδέεται με το τμήμα του hardware για τη φόρτωση προγραμμάτων και την επικοινωνία μαζί τους.

Στο IDE δημιουργείται ένα πρόγραμμα ανάπτυξης για τον υπολογιστή, το sketch. Αυτό αποθηκεύεται στον υπολογιστή ως αρχείο κειμένου λαμβάνοντας την επέκταση «.ino» και στη συνέχεια πραγματοποιείται η φόρτωση στον μικροελεγκτή της πλακέτας, για να λειτουργήσει όπως επιθυμούμε.



Εικόνα 6 Περιβάλλον arduino IDE

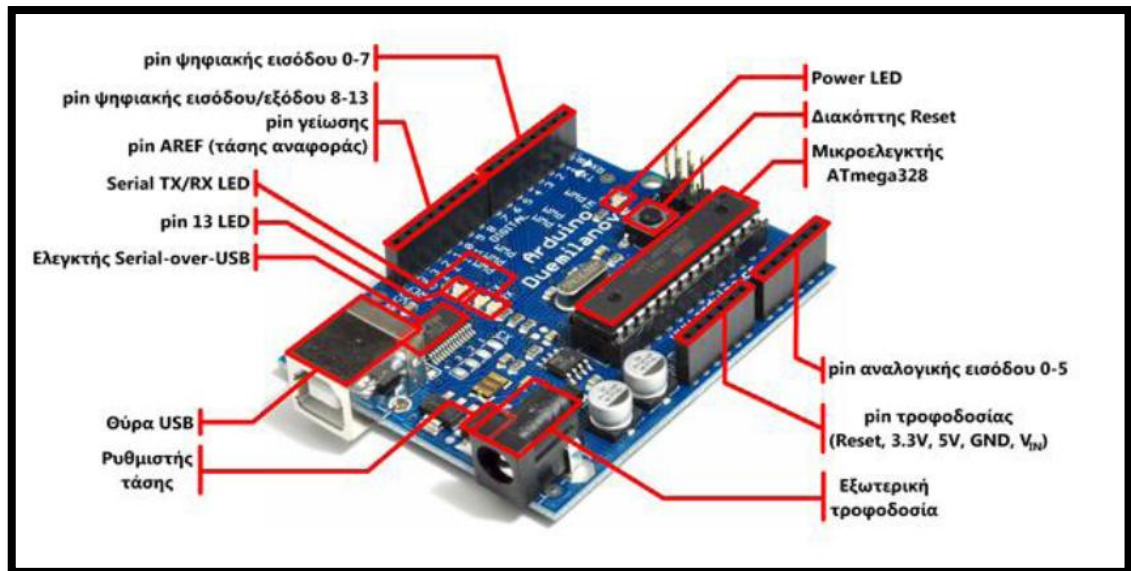
Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται το γραφικό περιβάλλον του Arduino IDE το οποίο βασίζεται σε Java και παρέχει ένα πρακτικό περιβάλλον για τη συγγραφή προγραμμάτων που διαθέτουν συντακτική χρωματική σήμανση, ορισμένες έτοιμες βιβλιοθήκες για την προέκτασή της, τον compiler για να μεταγλωττιστούν τα sketch, και μία σειριακή οθόνη (serial monitor) για την παρακολούθηση των επικοινωνιών της σειριακής (USB). Μέσω αυτής στέλνει αλφαριθμητικά στο Arduino και χρησιμεύει στην αποσφαλμάτωση των sketch και στην επιλογή για να ανεβαίνουν τα μεταγλωττισμένα sketch στο Arduino.

6.2.2. Επίσημες εκδόσεις arduino

- ❖ Το Arduino Mini, το οποίο ανακοινώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2006.
- ❖ Το Arduino Duemilanove, το οποίο ανακοινώθηκε τον Οκτώβρη του 2008. Αρχικά βασίστηκε στο Atmel Atmega168, αλλά μετά στάλθηκε με το ATmega328.
- ❖ Το Arduino Mega, το οποίο ανακοινώθηκε τον Μάρτιο του 2009. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega1280.
- ❖ Το Arduino Leonardo ανακοινώθηκε τον Ιούλιο του 2012. Είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4.
- ❖ Το Arduino Due ανακοινώθηκε τον Οκτώβριο του 2012 και είναι βασισμένο στο Atmel SAM3X8E, που είχε πυρήνα ARM Cortex-M3.
- ❖ Το Arduino Micro, το οποίο ανακοινώθηκε τον Νοέμβριο του 2012 και είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4.
- ❖ Το Arduino Robot, το οποίο ανακοινώθηκε τον Μάιο του 2013 και είναι βασισμένο στο Atmel ATmega32u4. Αποτελεί μάλιστα το πρώτο επίσημο Arduino με τροχούς.
- ❖ Το Arduino Yun, το οποίο ανακοινώθηκε τον Μάιο του 2013. Είναι βασισμένο στο ATmega32u4 και στο Atheros AR9331 και ήταν το πρώτο προϊόν wifi που συνδύαζε το Arduino με το Linux.

Εικόνα 7 Επίσημες εκδόσεις arduino με χρονολογική σειρά

Η τελευταία και πιο διαδεδομένη πλακέτα είναι το arduino uno.



Εικόνα 8 Ο μικροελεγκτής Arduino Uno

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται το arduino uno το οποίο διαφέρει από τις παλαιότερες καθώς δεν χρησιμοποιεί το FTDI USB σε serial τσιπ οδήγησης. Αντίθετα, διαθέτει τον μικροελεγκτή Atmega16U2 που έχει προγραμματισθεί ως μετατροπέας USB σε serial.

Όσον αφορά την τροφοδοσία, το Arduino UNO διαθέτει δυνατότητα τροφοδοσίας μέσω σύνδεσης USB ή μέσω εξωτερικού τροφοδοτικού. Η επιλογή της πηγής ενέργειας πραγματοποιείται με αυτόματο τρόπο.

Όσον αφορά τη μνήμη, ο μικροελεγκτής ATmega328 διαθέτει τρεις ομάδες μνήμης: τη flash memory όπου αποθηκεύονται τα Arduino sketch, την SRAM (static random access memory) όπου πραγματοποιείται η δημιουργία του sketch και χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές όταν εκτελείται, και τέλος τα pins εισόδου και εξόδου που διακρίνονται σε αναλογικά και ψηφιακά.



Εικόνα 9 Ψηφιακά pins εισόδου / εξόδου Arduino UNO

Τα pins που έχουν αριθμούς από 0 μέχρι 13 έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται ως ψηφιακές εξοδοι. Το pin AREF έχει τη δυνατότητα να

χρησιμοποιείται για την παροχή τάσης αναφοράς προς τα αναλογικά pins, για τα οποία θα γίνει ανάλυση παρακάτω.



Εικόνα 10 Αναλογικά pins εισόδου Arduino UNO.

Στην παραπάνω εικόνα απεικονίζεται μια σειρά από 6 pins , τα οποία αποτελούν τις αναλογικές εισόδους του Arduino UNO. Η τάση αναφοράς για τις εισόδους αυτές, μπορεί να ρυθμιστεί τροφοδοτώντας εξωτερικά με τάση του pin AREF .

Χαρακτηριστικά	Arduino UNO
Μικροελεγκτής/ Επεξεργαστής	ATmega328P στα 16 MHz
Μνήμη RAM	2KB SRAM
Digital PINS	14 Digital input/output
Analog PINS	6 Analog input
USB	1
Μνήμη (αποθηκευτικός χώρος)	32KB Flash memory
EEPROM	1KB
Ενέργεια	5 V / 7-12 V
Διαστάσεις	68,6mm x 53.4mm
Βάρος	25g

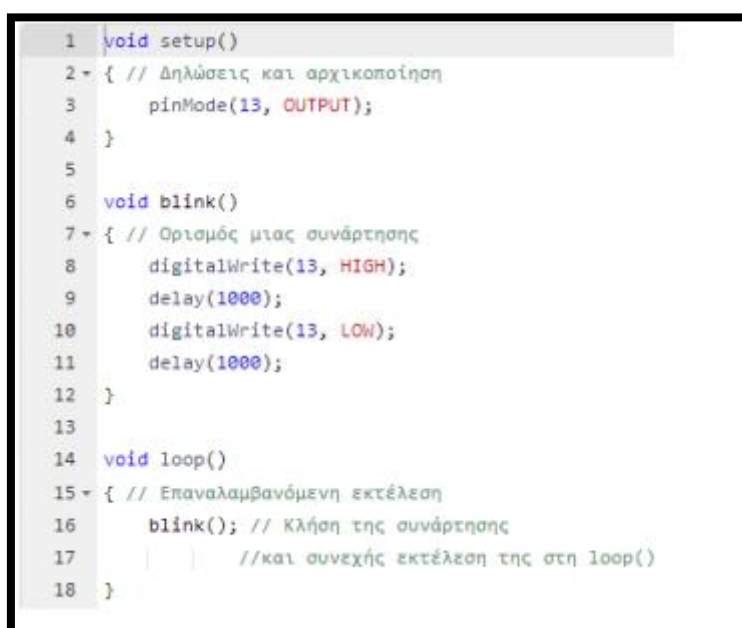
Πίνακας 6 Τεχνικά χαρακτηριστικά Arduino Uno (Ιστοσελίδα arduino) ¹

¹ <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

6.2.3. Προγραμματιστικό περιβάλλον ανάπτυξης arduino

Όπως προκύπτει από την επίσημη ιστοσελίδα (<http://www.wiring.org.co>) το arduino προγραμματίζεται μέσω της εφαρμογής IDE (Integrated Development Environment) με τη γλώσσα προγραμματισμού Wiring η οποία αποτελεί μια εκδοχή της C++ και ένα σύνολο βιβλιοθηκών υλοποιημένες επίσης στην C++. Ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc.

Τα προγράμματα του Arduino διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες : τη δομή (structure), τις τιμές (values) και τις συναρτήσεις.



```
1 void setup()
2 { // Δηλώσεις και αρχικοποίηση
3   pinMode(13, OUTPUT);
4 }
5
6 void blink()
7 { // Ορισμός μιας συνάρτησης
8   digitalWrite(13, HIGH);
9   delay(1000);
10  digitalWrite(13, LOW);
11  delay(1000);
12 }
13
14 void loop()
15 { // Επαναλαμβανόμενη εκτέλεση
16   blink(); // Κλήση της συνάρτησης
17           //και συνεχής εκτέλεση της στη loop()
18 }
```

Εικόνα 11. Δομή προγράμματος arduino

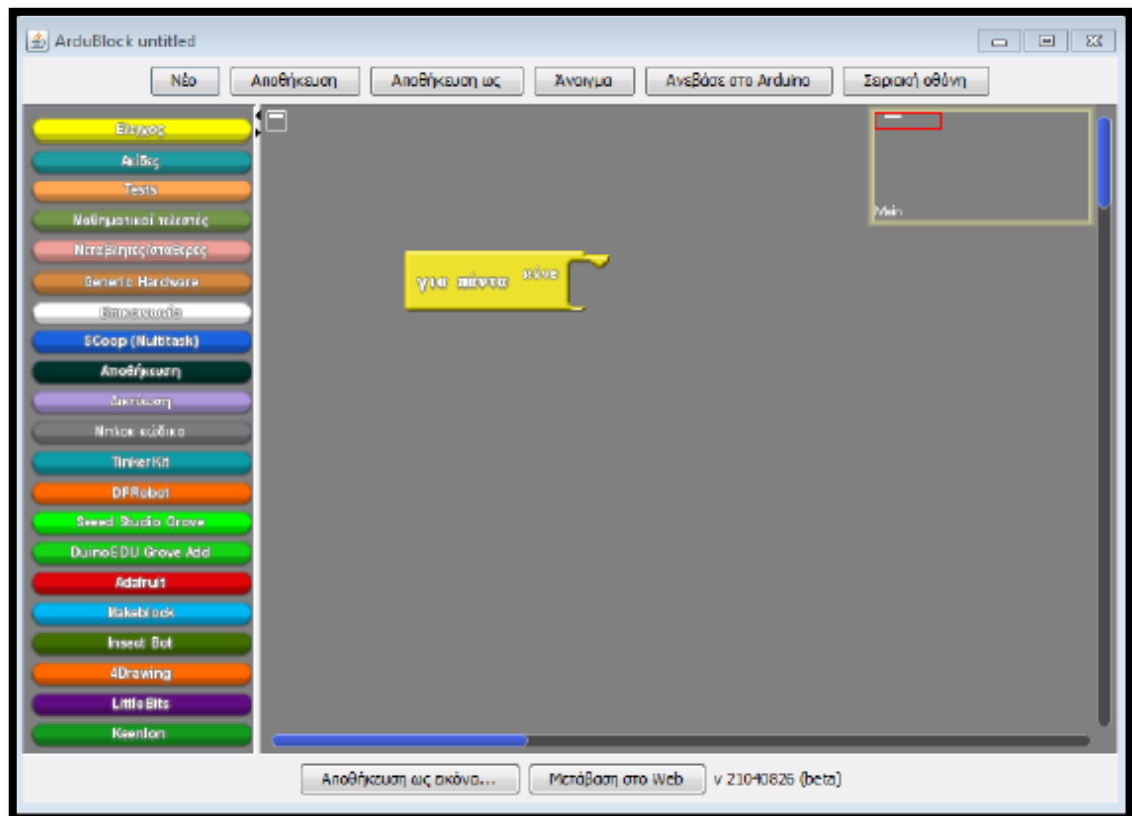
Επιπλέον σύμφωνα με την ιστοσελίδα (<https://en.wikipedia.org>) υπάρχει η δυνατότητα να προγραμματιστεί μέσω εφαρμογών οπτικού προγραμματισμού όπως S4A (Scratch for Arduino) και Ardublock σε ένα γραφικό περιβάλλον Προγραμματισμού της μορφής «drag & drop».

Αναλύοντας περαιτέρω το S4A, πρόκειται για μια εκδοχή του MIT, δηλαδή του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος προγραμματισμού Scratch, το οποίο έχει προσαρμοστεί για να έχει τη δυνατότητα ελέγχου του μικροελεγκτή με τις κατάλληλες εντολές. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, είναι απαραίτητη η φόρτωση του αντίστοιχου προγράμματος (S4AFirmware) στην πλακέτα, μέσω του οποίου η πλακέτα γίνεται

συμβατή με το περιβάλλον S4A. Το S4A διατίθεται δωρεάν για να εγκατασταθεί στα κυριότερα λειτουργικά συστήματα (Windows, Linux και MAC OS).

Το πρόγραμμα μπορεί να φορτωθεί μέσω του επίσημου περιβάλλοντος του Arduino (IDE).

Μία αντίστοιχη γλώσσα προγραμματισμού είναι το ardublock.



Εικόνα 12 Περιβάλλον εργασίας ardublock

Η παραπάνω εικόνα απεικονίζει το περιβάλλον εργασίας της γλώσσας προγραμματισμού ArduBlock η οποία χρησιμοποιεί γραφικά πλακίδια εντολών τα οποία εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες και παρέχουν στον προγραμματιστή τη δυνατότητα να τα χρησιμοποιήσει με διάφορους λογικούς συνδυασμούς ώστε να εκτελέσει ένα πρόγραμμα.

6.2.4. Εκπαιδευτικές εφαρμογές που αξιοποιούν το arduino

- Προγραμματισμός φυσικών αντικειμένων

Ο προγραμματισμός σε φυσικά αντικείμενα είναι ο προγραμματισμός διαδραστικών αντικειμένων τα οποία προέρχονται από τη δημιουργικότητα και τις ιδέες των μαθητών και είναι υπαρκτά αντικείμενα στον πραγματικό κόσμο. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές κινητοποιούνται, εκπληρώνοντας τις προϋποθέσεις για τη δημιουργική και κατασκευαστική μάθηση (Przybylla & Romeike, 2014).

Με αυτόν αξιοποιούνται υλικά όπως είναι οι αισθητήρες ήχου, φωτός, θερμοκρασίας, και συσκευές εξόδου όπως LED, κινητήρες και ηχεία, προκειμένου να υλοποιηθεί η επικοινωνία και η αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίησή τους είναι η χρήση του μικροελεγκτή, στον οποίο είναι συνδεδεμένο κάθε στοιχείο. Στο τελικό αποτέλεσμα περιλαμβάνονται απτά αντικείμενα που έχουν προγραμματιστεί για την εκτέλεση συγκεκριμένων λειτουργιών (Przybylla & Romeike, 2014).

Ο προγραμματισμός σε φυσικά αντικείμενα είναι μια ευρύτερη και ολοκληρωμένη επιστήμη εφαρμογών σε συστήματα αυτομάτου ελέγχου και εφαρμογών πάνω στο διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things, IoT), (Xia, Yang, Wang, & Vine1, 2012).

Ο προγραμματισμός σε φυσικά αντικείμενα συνδέει το λογισμικό με το υλικό, την απτή πραγματικότητα (Schulz & Pinkwart, 2015).

Εξαιτίας της δυνατότητας προγραμματισμού της για τον έλεγχο μιας ποικιλίας από συσκευές εισόδου και εξόδου, καθώς επίσης και του χαμηλού της κόστους, διαθέτει την ικανότητα στήριξης για την υλοποίηση προγραμμάτων STEM.

- Διδασκαλία και μελέτη φαινομένων

Μέσω του arduino οι μαθητές εμπλέκονται ενεργά στη συστηματική μελέτη φυσικών φαινομένων συνδυάζοντας τον Προγραμματισμό, τα Μαθηματικά και τη

Φυσική, βελτιώνοντας τόσο τις πειραματικές τους δεξιότητες όσο και τις θεωρητικές τους γνώσεις (Galeriu, Edwards & Esper, 2014).

6.3. Raspberry Pi

Ο μικροϋπολογιστής Raspberry Pi αναπτύχθηκε το 2006 από μια ομάδα ερευνητών του τμήματος Computer Laboratory του Πανεπιστημίου Cambridge με απώτερο σκοπό τη δημιουργία ενός οικονομικού συστήματος το οποίο αφενός θα προωθούσε πρακτικά τη διδασκαλία βασικών στοιχείων της επιστήμης των υπολογιστών στις σχολικές μονάδες και αφετέρου θα αύξανε το ενδιαφέρον των μαθητών απέναντι στη μαθησιακή διαδικασία.

Η σειρά Raspberry Pi αποτελείται από μικρούς υπολογιστές μονής πλακέτας (single-board computers) σε μέγεθος πιστωτικής κάρτας, οι οποίοι αναπτύσσονται στο Ηνωμένο Βασίλειο από το φιλανθρωπικό ίδρυμα Raspberry Pi Foundation το οποίο δημιουργήθηκε το 2008 (Wikipedia, Raspberry Pi).

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ηλεκτρονικά Projects και επιπλέον συνδέοντας περιφερειακές συσκευές δίνεται η δυνατότητα χρήσης του Raspberry Pi ως αυτόνομης υπολογιστικής μονάδας.

Υποστηρίζει διάφορα λειτουργικά συστήματα με πιο διαδεδομένο το Raspbian το οποίο είναι βασισμένο σε έκδοση του Debian Linux με ARM hard-float αρχιτεκτονική.

Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα του Raspbian (<https://www.raspbian.org>) στην αρχιτεκτονική hard - float η κάθε εφαρμογή περνάει τις παραμέτρους κινητής υποδιαστολής σε καταχωρητές κινητής υποδιαστολής, εν αντιθέσει με το soft-float που περνάει τις αντίστοιχες παραμέτρους σε καταχωρητές ακεραίων. Το συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα έχει αναπτυχθεί από μία ομάδα προγραμματιστών που δεν σχετίζονται με την εταιρεία του Raspberry. Είναι ελεύθερο λογισμικό και η εγκατάστασή του είναι πολύ εύκολη (Wikipedia, Debian).



Εικόνα 13 Μικροϋπολογιστής Raspberry Pi

6.3.1. Εκδόσεις Raspberry Pi 2 και Raspberry Pi 3

Board	Raspberry Pi 2 Model B	Raspberry Pi 3 Model B
Processor	Broadcom BCM2836	Broadcom BCM2837
CPU Core	Quadcore ARM Cortex-A7, 32Bit	Quadcore ARM Cortex-A53, 64Bit
Clock Speed	900 MHz	1.2GHz (Roughly 50% faster than Pi2)
RAM	1 GB	1 GB
GPU	250 MHz VideoCore IV®	400 MHz VideoCore IV®
Network Connectivity	1 x 10 / 100 Ethernet (RJ45 Port)	1 x 10 / 100 Ethernet (RJ45 Port)
Wireless Connectivity	None	802.11n wireless LAN (WiFi) and Bluetooth 4.1
USB Ports	4 x USB 2.0	4 x USB 2.0
GPIOs	2 x 20 Pin Header	2 x 20 Pin Header
Camera Interface	15-pin MIPI	15-pin MIPI
Display Interface	DSI 15 Pin / HDMI Out / Composite RCA	DSI 15 Pin / HDMI Out / Composite RCA
Power Supply (Current Capacity)	1.8 A	2.5 A

Πίνακας 7 Τεχνικά χαρακτηριστικά (Ιστοσελίδα Raspberry Pi)²

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα η τρίτη γενιά διαθέτει ένα System – On – Chip Broadcom BCM2837, το οποίο περιλαμβάνει έναν τετραπύρρηνο επεξεργαστή ARM Cortex - A53, που τρέχει στα 1200 MHz, είναι 64-bit και διαθέτει μία κοινή L2 cache (κρυφή μνήμη) μεγέθους των 512 KB.

Η GPIO (θύρα εισόδου - εξόδου γενικής χρήσεως) τρίτης γενιάς διαθέτει 40 ακροδέκτες. Διαθέτει ακροδέκτες που παρέχουν τάση 5 V, ακροδέκτες που παρέχουν τάση 3.3 V και ακροδέκτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως γείωση, καθώς επίσης και γενικές θύρες εισόδου - εξόδου. Επίσης διαθέτει θύρες για I2C, SPI, UART και ID EEPROM. Ο κάθε ακροδέκτης διαθέτει διαφορετική ονομασία.

Οι εκδόσεις Raspberry Pi 2 και Raspberry Pi 3 διαθέτουν μνήμη RAM 1 GB και κάρτα γραφικών Broadcom VideoCore IV.

Τέλος, διαθέτουν μία ειδική θύρα για κάμερα με την οποία συνδέονται μέσω καλωδιοταινίας, καθώς επίσης και μία έξοδο HDMI για να συνδέονται με την οθόνη.

² <https://www.raspberrypi.org/products>

6.3.2. Γλώσσα προγραμματισμού ανάπτυξης Raspberry Pi

Η Python αποτελεί την προτεινόμενη γλώσσα προγραμματισμού του μικροϋπολογιστή Raspberry. Στο Raspbian βρίσκονται προεγκατεστημένες η δεύτερη και η τρίτη έκδοση της γλώσσας Python. Πρόκειται για μία γλώσσα υψηλού επιπέδου, που προορίζεται για γενική χρήση και δυναμική συμπεριφορά.

Δημιουργήθηκε το 1990 από τον προγραμματιστή Guido van Rossum και μέσω αυτής υποστηρίζονται πολλά πρότυπα προγραμματισμού. Διαθέτει μεγάλη βιβλιοθήκη, αυτόματη διαχείριση για τη μνήμη, καθώς επίσης και ένα δυναμικό σύστημα για γραφή κώδικα.

Το 2002 παρουσιάστηκε η νέα έκδοση Python2.0 η οποία διέθετε νέα χαρακτηριστικά όπως υποστήριξη για Unicode και το Δεκέμβριο του 2008 εμφανίστηκε η έκδοση Python 3.0 η οποία δεν ήταν συμβατή με τις προηγούμενες εκδόσεις.

Οι διερμηνευτές της Python διατίθενται σε διάφορα λειτουργικά συστήματα (Wikipedia, Python).

Διαθέτει ένα εύχρηστο περιβάλλον ανάπτυξης IDLE (Interactive Development Environment), το οποίο δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί διαδραστικά ο διερμηνευτής της γλώσσας, ωστόσο δεν είναι απαραίτητη η χρήση του IDLE για τη δημιουργία ενός προγράμματος που θα υλοποιηθεί σε μια πλακέτα Raspberry Pi.

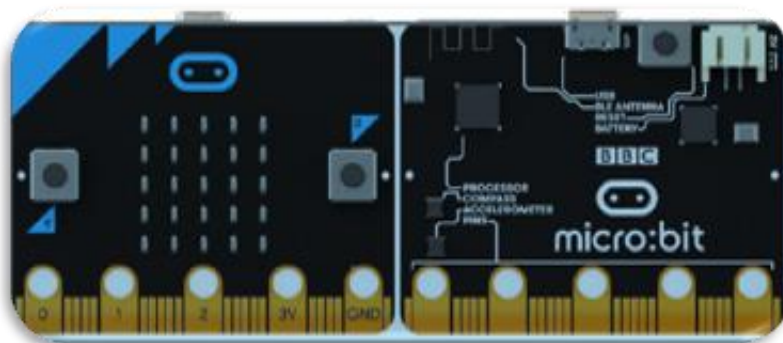
Παρέχεται η δυνατότητα χρήσης οποιασδήποτε εφαρμογής λογικού συντάκτη και εκτέλεσής του μέσω κατάλληλων εντολών από το Command Line του λειτουργικού συστήματος της πλακέτας.

Όπως αναφέρεται στην επίσημη ιστοσελίδα του Raspberry (<https://www.raspberrypi.org>) το μεγάλο πλεονέκτημα αναφορικά με τη χρήση της για το Raspberry είναι η βιβλιοθήκη `rpi gpio` μέσω της οποίας μπορούμε να ελέγχουμε τους ακροδέκτες της GPIO.

6.3.3. Μικροελεγκτής Microbit: BBC

Ο μικροελεγκτής Micro:bit σχεδιάστηκε την δεκαετία του 1980 στο Ηνωμένο Βασίλειο από μια ομάδα εταιριών κάτω από την επίβλεψη του αγγλικού BBC για εκπαιδευτικούς σκοπούς . Το 2016 με τον επαναπροσδιορισμό του προγραμματισμού και την εισαγωγή του στην εκπαιδευτική διαδικασία, επανήλθε δυναμικά παρουσιάζοντας τον μικροελεγκτή Microbit:BBC ο οποίος ήταν 18 φορές πιο γρήγορος και 70 φορές μικρότερος από τον προκατόχο του.

Όπως προκύπτει από την επίσημη ιστοσελίδα του BBC ίδιο έτος στο πλαίσιο της δράσης “ BBC’s Make it Digital”, δόθηκε σε κάθε επτάχρονο μαθητή του Ηνωμένου Βασιλείου από μια πλακέτα Micro:bit με στόχο την ανάπτυξη δεξιοτήτων στους τομείς της Επιστήμης, της Τεχνολογίας και της Μηχανικής.



Εικόνα 14 Πλακέτα BBC:Microbit

Σύμφωνα με τη επίσημη ιστοσελίδα BBC Micro:bit παρά το μικρό του μέγεθος ο μικροελεγκτής Micro:bit παρέχει πολλές δυνατότητες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών όπως κατασκευές ρομπότ, μουσικών οργάνων, ανίχνευση κίνησης και κατεύθυνσης μέσω του ενσωματωμένου επιταχυνσιόμετρου και της πυξίδας, προβολή φωτεινών μηνυμάτων μέσω των 25 ενσωματωμένων leds,

καθώς και σύνδεση στο διαδίκτυο μέσω του χαμηλής ενέργειας Bluetooth που διαθέτει. Επιπρόσθετα μέσω των Pins εισόδου-εξόδου δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης με άλλες συσκευές και αισθητήρες, ενώ είναι πλήρως συμβατό με άλλες πλακέτες όπως arduino και raspberry pi.

Χαρακτηριστικά	Micro:bit
Μικροελεγκτής/ Επεξεργαστής	ARM Cortex M0 32-bit στα 16MHz
Μνήμη RAM	16KB
Digital/Analog PINS	3 Digital/Analog input/output
USB	Micro USB
LEDs	25 ενσωματωμένα και αυτόνομα (δυνατότητα μεμονωμένου προγραμματισμού τους)
Pins edge	20 pins edge connector (για σύνδεση περιφερειακών εξαρτημάτων/αισθητήρων)
Άλλα χαρακτηριστικά	Επιταχυνσιόμετρο, Πυξίδα
Άλλες συνδέσεις	Bluetooth Low Energy, Bluetooth Smart antenna Battery connector
Κουμπιά	2 ενσωματωμένα - προγραμματιζόμενα
Ενέργεια	3V
Διαστάσεις	4 cm × 5 cm

Πίνακας 8 Τεχνικά χαρακτηριστικά Micro:bit (Ιστοσελίδα Micro:bit)³

³ <http://micro:bit.org/hardware>

Όπως προκύπτει από τα στοιχεία του παραπάνω πίνακα στον μικροϋπολογιστή Micro:bit διακρίνουμε τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ένα 32 bit Arm Cortex MO επεξεργαστή στα 16 MHz της εταιρείας Nordic Semiconductor
- Ένα πλέγμα από 5x5 Led Matrix που το καθένα παρέχει τη δυνατότητα να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί ξεχωριστά
- Ένα αισθητήρα φωτός (Light Sensor)
- Δύο κουμπιά (buttons) τα οποία αποτελούν την κύρια μορφή εισόδου
- Ένα κουμπί (button) reset
- Ένα αισθητήρα θερμοκρασίας (Temperature Sensor)
- Επιταχυνσιόμετρο
- Πυξίδα
- Κεραία Bluetooth
- Μία θύρα υποδοχής Micro USB για τη μεταφόρτωση των προγραμμάτων από τον υπολογιστή στο Micro:bit
- Ακροδέκτες σύνδεσης (PINs)
- Μία θύρα υποδοχής μπαταριών (Battery Connector) για παροχή τάσης τροφοδοσίας 3Volt από εξωτερική πηγή (μπαταρία)

6.3.4 Ο Προγραμματισμός του Micro:bit BBC

Ο μικροελεγκτής Micro:bit μπορεί να προγραμματιστεί σε διαφορετικά ολοκληρωμένα προγράμματα ανάπτυξης IDEs (Integrated Development Environments) είτε μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος Make Code, είτε με Javascript, είτε με MicroPython χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε φυλλομετρητή

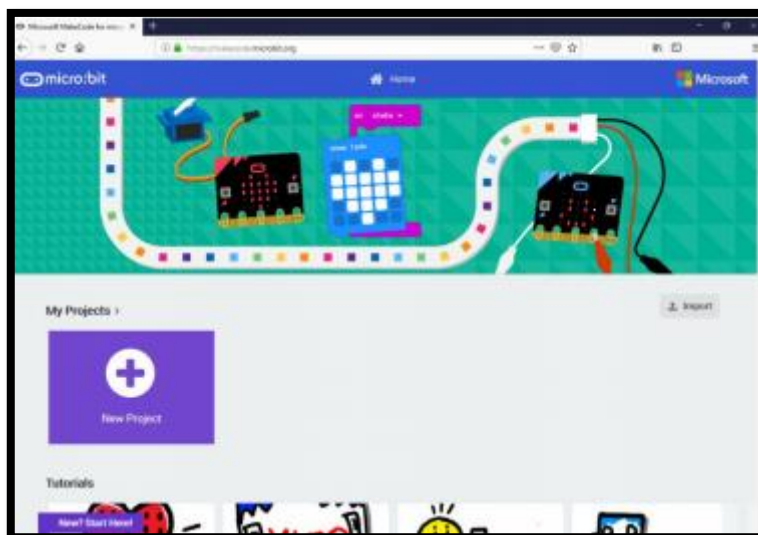
σελίδων (web browser), αφού πρώτα ο χρήστης επιλέξει μέσω της επίσημης ιστοσελίδας <https://microbit.org/guide/quick/> με ποιό τρόπο επιθυμεί να προγραμματίσει το Micro:bit.

Εναλλακτικά δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη μέσω της ιστοσελίδας <https://makecode.microbit.org/#editor>, να γράψει το πρόγραμμά του σε Blocks Code και JavaScript ή απευθείας στην ηλεκτρονική διεύθυνση <https://python.microbit.org/v/1.1> μπορεί να προγραμματίσει σε Micro Python.

Ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή δεν γίνεται υποχρεωτικά μέσω κάποιου web browser καθώς μπορεί να εγκατασταθεί στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

6.3.4.1. Το προγραμματιστικό περιβάλλον Make Code

Το Προγραμματιστικό περιβάλλον Make Code είναι ένα γραφικό περιβάλλον προγραμματισμού σχεδιασμένο από την Microsoft.



Εικόνα 15 Προγραμματιστικό περιβάλλον Make Code

Το προγραμματιστικό περιβάλλον του Make Code παρέχει βιβλιοθήκες εντολών με αποτέλεσμα ο χρήστης να μην χρειάζεται να απομνημονεύσει τον τρόπο σύνταξης των εντολών, αλλά να εστιάζει στην υλοποίηση του προγράμματος.



Εικόνα 16 Οι βιβλιοθήκες εντολών του γραφικού περιβάλλοντος Mace Code για το Micro:bit

6.3.5. Εκπαιδευτικό πακέτο Lego Mindstorms EV3

Η πρώτη εμφάνιση των Lego Mindstorms πραγματοποιήθηκε το 1998 με την εμπορική επωνυμία Robotics Invention System (RIS) και αποτελούνταν από 717 τεμάχια τα οποία περιλάμβαναν τα LEGO τούβλα, κινητήρες, αισθητήρες καθώς και ένα RCX προγραμματιζόμενο τούβλο το οποίο συνδεόταν με τον μικροελεγκτή Hitachi H8/3292 (Ucgul, 2013).

Το 2006 κυκλοφόρησε η μεταγενέστερη έκδοση είναι η Lego Mindstorms NXT η οποία αποτελείται από ένα ελεγκτή πολλαπλών χρήσεων, το τούβλο NXT.

Το NXT διαθέτει έναν επεξεργαστή 32-bit Atmel ARM και μνήμη RAM 64KB. Συνδέεται με υπολογιστή με καλώδιο USB ή με Bluetooth. Περιλαμβάνει επίσης το λογισμικό NXT-G με το οποίο ο χρήστης δημιουργεί το πρόγραμμα και στη συνέχεια πραγματοποιεί τη λήψη του απευθείας στο NXT.

Τον Ιανουάριο του 2013 η δεύτερη γενιά Lego Mindstorms NXT αντικαταστάθηκε από την γενιά Lego Mindstorms EV3 η οποία απευθύνεται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και τους παρέχει τη δυνατότητα να χτίσουν και να

προγραμματίζουν σύνθετες κατασκευές εμπνευσμένες από εφαρμογές του πραγματικού κόσμου. Αποτελείται από το προγραμματιζόμενο τούβλο EV3 το οποίο διαθέτει 4 θύρες εξόδου για τους κινητήρες και 4 θύρες εξόδου για τους αισθητήρες και λειτουργεί σαν κέντρο ελέγχου και τροφοδοσίας. Περιλαμβάνει 2 μεγάλους και ένα μεσαίο κινητήρα, ένα αισθητήρα αφής, ένα αισθητήρα υπερύθρων, ένα αισθητήρα κλίσης και ένα αισθητήρα χρώματος. Επιπρόσθετα περιλαμβάνει πάνω από 500 τεμάχια διαφορετικών δομικών στοιχείων όπως ακτίνες, άξονες, τροχούς και ρόδες σε διαφορετικά χρώματα και μεγέθη. Η σύνδεση με τον υπολογιστή πραγματοποιείται είτε μέσω USB, είτε μέσω Bluetooth, είτε μέσω ασύρματης σύνδεσης. Διαθέτει μια LCD οθόνη, μνήμη RAM 64 MB και περιλαμβάνει το γραφικό περιβάλλον EV3 για τη δημιουργία προγραμμάτων και τη λήψη τους στο EV3 (StemRobotics, 2013).



Εικόνα 17 Προγραμματιζόμενο τούβλο EV3

6.3.6. Προγραμματισμός του Lego Mindstorms EV3

Οι υποστηριζόμενες γλώσσες προγραμματισμού σύμφωνα με το Wikipedia για το Lego Mindstorms EV3 είναι οι:

- RCX code
- ROBOTLAB (η οποία βασίζεται στο LabVIEW και αναπτύχθηκε στο Tufts University)

Μπορούν να προγραμματιστούν όμως και με δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού από τρίτους κατασκευαστές όπως:

- C και C++ σε BrickOS (πρώην LegOS)
- Java σε leJOS
- NQC (Not Quite C)
- PbFORTH (επεκτάσεις της γλώσσας προγραμματισμού Forth)
- Visual Basic (μέσω COM+ interface που παρέχεται με το CD)
- RobotC (συμβατότητα με την έκδοση NXT).

Βιβλιογραφία

Accreditation Board for Engineering and Technology. (2007-2008). Engineering accreditation criteria. Baltimore, MD: Author.

Aho, A. V. (2012). Computation and Computational Thinking. *The Computer Journal*, 55(7), pp. 832-835.

Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T.A., & Newman, S. (2018). *Disentangling the Meaning of STEM: Implications for Science Education and Science Teacher Education. Journal of Science Teacher Education*. 29(1). 1-8.

Arthur, W. B. (2009). The nature of technology: What it is and how it evolves. New York, NY: Simon & Schuster.

Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J., et al. (2016, January). A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework: Implications for Teacher Knowledge. *Educational Technology & Society*, 19, pp. 47-57.

Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2), 4.

Avery, S., Chambliss, D., Pruiett, R., & Stotts, J. L. (2010). T-STEM academy design blueprint, rubric, and glossary. Retrieved from http://www.edtx.org/uploads/geral/pdf-downloads/misc-PDFs/2011_TSTEMDesignBlueprint.pdf

Barron, B. J. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., Bransford, J. D. & The Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem- and project-based learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 271–311. Ανακτήθηκε από <https://pdfs.semanticscholar.org/9ae6/3685f5345ad9d56b3e8d3707daeffa37d085.pdf>

Bennett, C. A. (1937). *History of manual and industrial education 1870-1917*. Peoria, IL: Manual Arts Press.

Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145-157.

Βλάχος, Δ. (2008). Το παιδαγωγικό Ινστιτούτο και οι Σύγχρονες Απαιτήσεις από την Εκπαίδευση. Στο *Εκπαίδευση και Ποιότητα στο Ελληνικό Σχολείο*. 20-21 Μαρτίου 2008, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα και 17-18 Απριλίου 2008, Πολυτεχνική Σχολή Α.Π.Θ.. Θεσσαλονίκη(σ.7-22).Ανακτήθηκε από: http://www.pischools.gr/download/programs/erevnes/ax_poiot_xar_prot_defk_ekp/ek_p_poiot_sx_eisig/s_1_118.pdf

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington DC: National Academy Press.

Ανακτήθηκε από:

https://www.desu.edu/sites/flagship/files/document/16/how_people_learn_book.Pdf

Breiner, J., Harkness, M., Johnson, C. C., & Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>

Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1993). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms*. Alexandria, VA: Association of Supervision and Curriculum Development

Bruner, J. S. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Bruning, R., Schraw, G., Norby, M., & Ronning, R. (2004). *Cognitive psychology and instruction* (4th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education Inc.

Bybee, R. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.

Capraro R. M., Capraro, M. M. & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach (2nd Edition): Chapter 1*. SENSE PUBLISHERS. Rotterdam (pp. 1–6). doi: https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_1

Catchen, R. (2013). Reflections ~ How STEM becomes STEAM. *The STEAM Journal*, 1(1). <http://doi.org/10.5642/steam.201301.22>

Cavanagh, S. & Trotter, A. (2008). Where is the 'T' in STEM? *Education Week*, 27(30), 17–19. Ανακτήθηκε από https://www.edweek.org/ew/articles /2008/ 03/27/30_stemtech .h27.html

Chesky N.Z., Wolfmeyer M.P. (2015). *Philosophy of STEM Education: A Critical Investigation*. New York: Palgrave Macmillan.

Collins, A. (1998). *Different goals of inquiry teaching*. BBN Labs, Cambridge.

Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., et al. (2015). *Computational thinking A guide for teachers*. Ανακτήθηκε 28 Οκτωβρίου, 2020, από Computing At School: <https://www.computingschool.org.uk/computationalthinking>

CSTA, & ISTE. (2011). *Operational definition of computational thinking for K-12 education*. Ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου, 2020, από <http://www.iste.org/docs/ct-documents/computationalthinking-operational-definition-flyer.pdf>

Cultural Learning Alliance (2017) *Image Nation: The Value of Cultural Learning*. Ανακτήθηκε από [http://culturallearningalliance.org.uk/images/uploads/ImagineNation2 the_value_of_cultural_learning.pdf](http://culturallearningalliance.org.uk/images/uploads/ImagineNation2_the_value_of_cultural_learning.pdf)

Curzon, P., Dorling, M., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2014). Developing computational thinking in the classroom: a framework. *Computing At School*, pp. 1-15.

Denning, P. J. (2009, June). The Profession of IT: Beyond Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), pp. 28-30.

Denning, P. J. (2017a, January-February). Computational Thinking in Science. *American Scientist*, 105(1), pp. 13-17.

Denning, P. J. (2017b). Remaining Trouble Spots with Computational Thinking. *COMMUNICATIONS OF THE ACM*, 60(6), pp. 33-39.

Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York, NY: Collier Books.

Dewey J. (1990). *The School and the Society and the Child and the Curriculum*. University of Chicago Press, Chicago.

Dugger, E. W. (2010). Evolution of stem in the United States. Άρθρο που παρουσιάστηκε στο 6th Biennial International Conference on Technology Education Research in Australia, 8 July 2009.

Duschl, R. (2004). International perspectives on inquiry in science education A commentary. *Science Education*, 88, 411-414.

Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120.

ebooks.edu.gr (2013). Διαδραστικά σχολικά βιβλία [online] Available from: <http://ebooks.edu.gr/new/ps.php>

Ehrlich, T. (1998). Reinventing John Dewey's pedagogy as a university discipline, *The Elementary School Journal*, 1998, pp. 489–509.

Ejiwale, J. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning*, Vol.7 (2) pp. 63-74. Ανακτήθηκε στις 11 Σεπτεμβρίου, 2020, από

https://www.researchgate.net/publication/287545425_Barriers_To_Successful_Implementation_of_STEM_Education

ΕΛ/ΛΑΚ, <https://edu.ellak.gr/ti-ine-to-scientix/>

Engineering. (n.d.). Dictionary.com Unabridged. Ανακτήθηκε στις 20 Μαΐου, 2020, από Dictionary.com website: <http://dictionary.reference.com/browse/engineering>.

Erdogan, N., & Stuessy, C. (2015). Examining the role of inclusive STEM schools in the college outcome of student achievement. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 15(6), 1517-1529.

Europa.eu. Ανακτήθηκε στις 15 Ιουνίου, 2020, από http://ec.europa.eu/information_society/europe/index_en.htm

Europa.eu. Ανακτήθηκε στις 10 Σεπτεμβρίου, 2020, από http://ec.europa.eu/education/programmes/socrates/socrates_en.html

European Commission (2015). Addressing Low Achievement in Mathematics and Science, Thematic Working Group on Mathematics, Science and Technology (2010 – 2013), Final Report.

European Schoolnet (2018). *Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Policies in Europe*. Scientix Observatory report. October 2018, European Schoolnet, Brussels. Ανακτήθηκε από http://www.scientix.eu/documents/10137/782005/Scientix_Texas-Instruments_STEM-policies-October-2018.pdf/d56db8e4-cef1-4480-a420-1107bae513d5

Frank, M., Lavy, I., & Elata, D. (2003). Implementing the project based learning approach in an academic engineering course, *International Journal of Technology and Design Education*, 13(3), 2003, pp. 273–288.

Friedman, T. L. (2005). *The world is flat: A brief history of the twenty-first century*. New York: Farrar, Straus, and Giroux. Ανακτήθηκε στις 15 Ιουνίου, 2020, από: [http://www.toysrbob.com/WorldFlatPitch/Flat% 20World-Final.pdf](http://www.toysrbob.com/WorldFlatPitch/Flat%20World-Final.pdf)

Frykholm, J. A. & Glasson, G. E. (2005). Connecting science and mathematics instruction: Pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127–141.

Galeriu, C., Edwards, S., & Esper, G. (2014). An Arduino Investigation of Simple Harmonic Motion. *The Physics Teacher*, 52(3), 157–159.
<https://doi.org/10.1119/1.4865518>

Gagne, R.M. (1975). *Essential for Learning for Instruction*. Hinsdale: Dryden Press.

Gagne, R. (1985). *The conditions of learning* (4th ed.). New York: Holt, Rinehart, & Winston.

Gergen, K. (2003). *Constructing Constructionism: Pedagogical Potentials*. n.p.: Issues in Education

Gergen, K., & Gergen, M. (2003). *Social Construction: A reader*. London: Sage

Gonzalez, H.B. & Kuenzi J. (2012). Congressional Research Service Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer, p. 2.

Grant, M. M. (2002). Getting a grip on project-based learning: Theory, cases, and recommendations. *Meridian: A Middle School Computer Technologies Journal*, 5(1).

Gredler, M. (2005). *Learning and Instruction: Theory into Practice*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education

Grover, S., Basu, S., Bienkowski, M., Eagle, M., Diana, N., & Stamper, J. (2017, August). A Framework for Using Hypothesis-Driven Approaches to Support Data-Driven Learning Analytics in Measuring Computational Thinking in Block-Based Programming Environments. *ACM Transactions on Computing Education*, 17(3), p. Article 14.

Google for Education: Computational Thinking. (2011). Retrieved from Exploring Computational Thinking:

<https://edu.google.com/resources/programs/exploringcomputational-thinking/>

Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come. In S. Sentance, E. Barendsen, & C. Schulte (Eds.), *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School* (pp. 20-38). Bloomsbury Academic.

Guijosa, C. (June 29, 2018). Five challenges facing Stem education.

Gunn, J. (November 3, 2017a). *The Evolution of Stem and Steam in the USA*. Ανακτήθηκε στις 12 Νοεμβρίου, 2020, από

<https://education.cu-portland.edu/blog/classroom-resources/evolution-of-stem-and-steam-in-the-united-states/>

Havice, W. (2009). *The power and promise of a STEM education: Thriving in a complex technological world*. In ITEEA (Eds.), *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering*, 10-17. Reston, VA: ITEEA.

Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (2014). STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. *National Academy of Engineering; National Research Council*. Washington, DC: The National Academies Press. Ανακτήθηκε στις 18 Νοεμβρίου, 2020, από <https://pdfs.semanticscholar.org/bac5/69ca108d7ac7c96574826419074316150060.pdf>

Hubert, L. (1992). *Editorial*, European Journal of Education, 27(3), 193-197.

Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416.

International Standard Classification of Education [ISCED]. (2011). UNESCO Institute for Statistics. Ανακτήθηκε στις 18 Νοεμβρίου ,2020, από <http://uis.unesco.org/en/topic/international-standard-classification-education-isced>

International Technology Education Association, [ITEA]. (2007). *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*, 3rd ed. Reston, VA: Author.

Jonassen, D., Peck, K., & Wilson, B. (1999). *Learning with Technology. A Constructivist Perspective*. Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall

Kandel, E. (2013). The new science of mind and the future of knowledge. *Neuron*, 80(3), 546-560.

Kelley, T. R. & Knowles, G. J. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3:11. doi: 10.1186/s40594-016-0046-z

Kazimoglu, C., & Kiernan, M., & Bacon, L. (2012). A serious game for developing computational thinking and learning introductory computer programmer.

Κασσωτάκης, Μ. & Φλουρής, Γ. (2001). *Μάθηση και διδασκαλία*, τόμος Α': Μάθηση, Γρηγόρης, Αθήνα.

Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students In STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258. Available at <http://0files.eric.ed.gov/opac/msmc.edu/fulltext/EJ1044508.pdf>

Kilpatrick, W. H. (1918). The Project Method: The Use of the Purposeful Act in the Education Process. *Teachers College Record*, 19, 319-335.

Kruse, J. W. (2013). Implications of the nature of technology for teaching and teacher education. In M. Clough & J. Olson (Eds.), *The nature of technology* (pp. 345–369). Dordrecht, the Netherlands: Sense.

Massachusetts Department of Education (2006). *Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework*, Massachusetts Department of Education, Malden.

Mayes, R. & Gallant, B. (2018). The 21st Century STEM Reasoning. *US-China Education Review B*, 8(2), 67-74. doi: 10.17265/2161-6248/2018.02.002

Mayes, R. L. Dr. & Jackson, S. (2016). 21st Century STEM Reasoning. *Interdisciplinary STEM Teaching & Learning Conference*, 5. Ανακτήθηκε από <https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1296&context=stem>

Merriam, S. & Caffarella, R. S. (1991). *Learning in Adulthood. A comprehensive guide*. San Francisco: Jossey-Bass.

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W. & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In S. Purzer, J. Strobel, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (pp. 35-60). Purdue University Press.

Morrison, J. S. (2006). *TIES STEM education monograph series: Attributes of STEM education: The Students, The Academy, The Classroom*. Baltimore, MD: TIES.

Nadelson, L., Seifert, A., Moll, A., & Coats, B. (2012). i-STEM summer institute: an integrated approach to teacher professional development in STEM. *Journal of STEM Education*, 13(2), 69–83.

Nanjappa, A., Grant, M.M. (2003). Constructing on constructivism: the role of technology, *Electronic Journal of Integrating Technology in Education*.

National Academy of Engineering & National Research Council. (2009). Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects. Washington, DC: National Academies Press.

National Academy of Engineering and National Research Council [NAE & NRC]. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>

National Research Council [NRC] (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academies Press. doi:10.17226/4962

National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: The National Academies Press.

O'Brien, M.D. (2001). Teaching style and teaching philosophy of rehabilitation educators (Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή). Stillwater: Oklahoma State University.

Piaget, J. (1972). *Intellectual evolution from adolescence to adulthood*. Human Development.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc..

Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36, 1-11.

Pasco Scientific. (2012). *Stem Module: Airbag. Project-Based Learning Module*. Ανακτήθηκε 11 Οκτωβρίου, 2018 από https://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2983_stem-module-air-bag/index.cfm

PISA (Programme for International Student Assessment). (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy*. A Framework for PISA 2006. Paris: OECD.

Plante, J. & Beattie, D. (2004). *Connectivity and ICT integration in Canadian elementary and secondary schools: First results from the Information and Communications Technologies in Schools Survey, 2003-2004*. Education, skills and learning, research papers 1704-8885 No. 17. Government of Canada Publications. Ανακτήθηκε από <https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/81-595-m/81-595-m2004017-eng.pdf?st=jWrPGpXw>

Pornpitakpan, C. (2012). A critical review of classical conditioning effects on consumer behavior. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 20(4), 282-296.

Powell, A. (2017). "How Sputnik changed U.S. education". The Harvard Gazette.

Przybylla, M., & Romeike, R. (2014). Physical Computing and Its Scope--Towards a Constructionist Computer Science Curriculum with Physical Computing. *Informatics in Education*, 13(2), 241–254. <https://doi.org/10.15388/infedu.2014.05>

Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2001). Είναι δυνατόν να αλλάξει η κουλτούρα της μάθησης με την αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση; Η σημασία της παιδαγωγικής μόρφωσης των εκπαιδευτικών και η υστέρηση της εκπαιδευτικής πολιτικής στη χώρα μας. *Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αιγαίου «Η Πληροφορική στην Εκπαίδευση. Τεχνικές, Εφαρμογές, Κατάρτιση Εκπαιδευτικών»* (σσ. 47-70). Ρόδος: 14 & 15 Δεκεμβρίου 2001.

Resnick, L. B. & Glaser, R. (1976). Problem Solving and Intelligence. In B. Resnick (Eds.). *The Nature of Intelligence*, pp. 205-230. Lawrence Erlbaum Associates.

Roberts, A. (2012). *A Justification for STEM Education. Technology and Engineering Teacher*.

Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. & Park, M. S. (2012). Is Adding the E Enough?: Investigating the Impact of K-12 Engineering Standards on the Implementation of STEM Integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31-44. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x>

Roman-Gonzalez, M., Moreno-Leon, J., & Robles, G. (2017). Complementary Tools for Computational Thinking Assessment. In S.-c. Kong, J. Sheldon, & R.-y. Li (Ed.), *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2017* (pp. 154-159). Hong Kong: The Education University of Hong Kong.

Sahin, A. (2013). STEM Project-Based Learning: Specialized Form of Inquiry-Based Learning. Στο: Capraro R. M., Capraro, M. M. & Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach* (2nd Edition): Chapter 7. SENSE PUBLISHERS. (pp.59-64). Ανακτήθηκε από https://www.researchgate.net/publication/294286651_STEM_Project-Based_Learning/download

Sanders, M. (2009) STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4). 20-26

Sanders, M. & Wells, J. (2005, September 15). *STEM graduate education / research collaboratory*. Paper presented to the Virginia Tech faculty, Virginia Tech.

Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. *Inter-disciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1). Available at: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>

Schleicher A. (2015). *Pisa 2015 Results in Focus* [online]. Available from: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf>

Science. (n.d.). Collins English Dictionary - Complete & Unabridged 10th Edition. Retrieved May 20, 2012, from Dictionary.com website: <http://dictionary.reference.com/browse/science>.

Science Education for Responsible Citizenship. (2015). Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education. *European Commission*. Ανακτήθηκε από http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf

Schmidt, H. G., Rotgans, J. I. & Yew, E. H. (2011). The process of problem-based learning: What works and why. *Medical Education*, 45 (8): 792–806. doi:10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x.

Schulz, S., & Pinkwart, N. (2015). Physical Computing in STEM Education. Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education on ZZZ - WiPSCE '15, 134–135. <https://doi.org/10.1145/2818314.2818327>

Selby, C., & Woollard, J. (2014). Refining an understanding of computational thinking. pp. 1-23.

Selby, C. (2015). Relationships: Computational Thinking, Pedagogy of Programming, and Bloom's Taxonomy. *WiPSCE '15 Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 80-87). London, United Kingdom: ACM.

Sen, C., Ay, Z. S. & Kiray, S. A. (2018). Stem Skills in the 21st Century Education. Research Highlights in STEM Education. *ISRES Publishing*, 81-100.

Slavin, R. E. (2000). Educational psychology: Theory and practice (6th ed). Boston: Pearson.

Smith, K. A., & Imbrie, P. (2007). *Teamwork and Project Management*, McGraw-Hill Higher Education, Place.

Sneider, C., & Rosen, L. (2009). Towards a vision for engineering education in science and mathematics standards. In R. L. Carr, Standards for K–12 engineering education? (pp. 114–134). Washington, DC: National Academies Press.

Stacey, K. (2006, January). *What Is Mathematical Thinking And Why Is It Important?*. University of Melbourne, Australia. Ανακτήθηκε στις 29 Οκτωβρίου, 2020, από <https://www.re-searchgate.net/publication/254408829>

STEAM Education Program Description. (2014). STEAM Education Program Description.

StemRobotics (2013) *Instructional Material:EV3 Programming Overview for FLL Coaches*, [Διαθέσιμο στο:] <https://stemrobotics.cs.pdx.edu/node/2931> [Ανακτήθηκε στις 19, Δεκεμβρίου του 2020]

Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34. doi:10.5703/1288284314653.

Strobel, J. & van Barneveld, A. (2009). When is PBL More Effective? A Meta-synthesis of Meta-analyses Comparing PBL to Conventional Classrooms. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1). Ανακτήθηκε από: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1046>

Technology. (n .d.). Dictionary.com Unabridged. Retrieved May 20, 2012, from Dictionary.com website: <http://dictionary.reference.com/browse/technology>

Tedre, M., & Denning, P. (2016). The long quest for computational thinking. *Koli Calling '16 Proceedings of the 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (pp. 120-129). Koli, Finland: ACM.

The Power of STEAM Education and Teacher Resource Availability. (June 7, 2018). Hamilton Buhl. Ανακτήθηκε στις 4 Σεπτεμβρίου, 2018, από [https:// www. arteducators.org/search?topic=steam](https://www.arteducators.org/search?topic=steam)

Thomas, B. & Watters, J. (2015). Perspectives on Australian, Indian and Malaysian approaches to STEM education. *International Journal of Educational Development*, 45 (November 2015), 42–53.

The Royal Society. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools pp.24-31*. Ανακτήθηκε στις 18 Νοεμβρίου, 2020, από <https://royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf>

Ucgu, M. (2013). History and Educational Potential of LEGO Mindstorms NXT, *Mersin University Journal of the Faculty of Education* 9(2)127-37.

Vasquez, J., Snider, C. & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge: Harvard University Press

Wallace, C. S., & Kang, N. H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 905-935.

Weintrop, D. & Wilensky, J. (2013). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. Ανακτήθηκε από <https://link.springer.com/article/10.1007/s10956-015-9581-5>

Windschitl, M. (2009). *Cultivating 21st century skills in science learners: How systems of teacher preparation and professional development will have to evolve*. Paper commissioned by National Academy of Science's Committee on The Development of 21st Century Skills. Washington, DC.

Wing, J. (2006, March). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), pp. 33-35.

Wing, J. (2011, March). *The Link*. Retrieved Σεπτέμβριος 2018, from Carnegie-Mellon University School of Computer Science. Available at: <https://www.cs.cmu.edu/link/researchnotebook-computational-thinking-what-and-why>

Wing, J. (2014, January 10). *COMPUTATIONAL THINKING BENEFITS SOCIETY*. Retrieved from Social Issues in Computing: <http://socialissues.cs.toronto.edu/index.html%3Fp=279.html>

Wood, D.F. (2003). ABC of Learning and Teaching in Medicine: Problem-Based Learning. *British Medical Journal-BMJ*, 326. 328-330.doi:10.1136/bmj.326.7384.328

Xia, F., Yang, L. T., Wang, L., & Vine1, A. (2012). Internet of Things. *International Journal of Communication Systems*, 25(9), 1101–1102. <https://doi.org/10.1002/dac.2417>

Yakman, G. (2012). Why STEAM Education.

Yakman, G., & Hyonyong, L. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea, 32(6), 1072–1086.

Yasar, O. (2018). A New Perspective on Computational Thinking. *COMMUNICATIONS OF THE ACM*, 61(7), pp. 33-39.

Zeid, A., Duggan, C., Kamarthiand, S., & Chin, J. (2011). Implementing the capstone experience concept for teacher professional development, *Proceedings Implementing the Capstone Experience Concept for Teacher Professional Development*, Vancouver, BC, Canada.

Zeid, A., Kamarthi, S., Duggan, C., & Chin, J. (2011). Capsule: An Innovative Capstone-based Pedagogical Approach to Engage High School Students in Stem Learning, Denver, Colorado, USA, 11–17 November, pp. 10.

Zeid, I., Chin, J., Duggan, C., & Kamarthi, S. (2014). Engineering based learning: a paradigm shift for high school STEM teaching. *International Journal of Engineering Education*, 30(4), 867–887.

Zinn, L.M. (2004). Exploring your philosophical orientation. Στο M. W. Galbraith (ed.), *Adult learning methods* (3rd ed.), 39-74. Malbar, FL: Kreiger Publishing Company.

